

Wirkungen von Chlorhexidinspülungen auf den Stoffwechsel der Speichelbakterien

von

Gerd Bender

aus

Kulmbach

1978 # 2 77

Das Institut für Geschichte und Geographie
der Universität Bonn
hat die Druck- und Verlagskosten für die Druck- und Verlagskosten
des Instituts übernommen

Wirkungen von Chloroform auf den Stoffwechsel der Säugetiere

von
Dr. phil. phil. Dr. phil. phil.
Dr. phil. phil. Dr. phil. phil.
Dr. phil. phil. Dr. phil. phil.

Dr. phil. phil. Dr. phil. phil.

Dr. phil. phil. Dr. phil. phil.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548222_0019

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Direktor: Prof. Dr. A. Kröncke
in der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkranke
der Universität Erlangen-Nürnberg

Wirkungen von Chlorhexidinspülungen auf den Stoffwechsel der Speichelbakterien

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich - Alexander - Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt
von
Gerd Bender
aus
Kulmbach

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin

der Universität Erlangen - Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent: Prof. Dr. A. Kröncke

Tag der mündlichen Prüfung: 25.07.1978

INHALTSÜBERSICHT

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	3
III. MATERIAL UND METHODEN	10
A. Speichel und Spüllösung	10
B. Probanden. Durchführung der Reihenunter- suchung	11
C. Manometrie	14
1. Die Warburg-Methode. Berechnung und Auswertung der Meßergebnisse	14
2. Versuchsbeschreibung und Ansätze	16
3. Fehlerquellen. Bestimmung des Meßfehlers	18
IV. ERGEBNISSE	22
A. Charakteristische Meßwerte	22
B. Einfluß von Chlorhexidin-digluconat auf die Glykolyse	30
C. Einfluß von Chlorhexidin-digluconat auf die Speichelatmung	34
D. Ergebnisse nach Placebo-Anwendung	38
V. DISKUSSION	40
VI. ZUSAMMENFASSUNG	43
VII. SCHRIFTTUM	46
VIII. ANHANG	55

I. Einleitung und Problemstellung

Seit den Ausführungen von W.D. MILLER im Jahre 1889 über die Kariesprophylaxe (vgl. KÖNIG (40) Seite 107) hat sich an ihren Prinzipien nichts Wesentliches geändert. Nach wie vor gibt es die gleichen Möglichkeiten zur Verhütung kariöser Prozesse:

Beseitigung des schädlichen Substrats,

Stärkung der Widerstandskraft der Zähne gegenüber organischen Säuren,

Reduzierung der kariogenen Mikroorganismen in der Mundhöhle.

Das Angebot an Hilfsmitteln, die zur Erreichung dieser Ziele eingesetzt werden können, ist jedoch durch die neuere Forschung reichhaltiger geworden.

Man hatte die niedermolekularen Kohlenhydrate als bevorzugtes Substrat der Mikroflora erkannt, deren saure Stoffwechselprodukte die Apatitkristalle auflösen und die Initialläsion hervorrufen. Eine Änderung der Ernährungsgewohnheiten durch Aufklärung und Konsumlenkung, vor allem die Senkung des Zuckerverbrauchs, läßt sich in der Bevölkerung nur in geringem Umfang erreichen. Austauschstoffe wie Sorbit, Xylit, Lycasin, Saccharin und Zyklamate können den hohen Anteil an Mono- und Disacchariden der modernen Zivilisationskost herabsetzen und damit die Nährstoffe für die vorwiegend im Plaquebelag auftretenden Mikroorganismen weniger abbaufähig machen, Erfolgreicher dürfte aber eine Verbesserung und Intensivierung der Mundhygiene sein, bei der neben mechanischen auch chemische Methoden eingesetzt werden.

Neben der Beseitigung - oder wenigstens Herabsetzung - des Angebots an schädlichen Nahrungsbestandteilen kann man die Empfindlichkeit der Zähne vermindern: wenn genügend exogen zugeführtes Fluorid im Mundmilieu verfügbar ist, wird durch Einlagerung von F^- -Ionen in den Hydroxylapatit der Zahnschmelz gehärtet und wirksam gegen die Produkte des mikrobiellen Stoffwechsels geschützt. Der Einfluß fluoridreichen Trinkwassers, aber auch Aminfluorid-haltige Zahnpasten, NaF-Tabletten oder wiederholte lokale Oberflächentouchierungen hemmen die Entstehung von Säuren sowie die Synthese extra- und intrazellulärer Polysaccharide. Mögliche Veränderungen der Zahnmorphologie, das Ausschleifen der Fissuren oder deren Versiegelung mit Hilfe der Ätztechnik erschweren zusätzlich die bakterielle Besiedlung der Zahnoberflächen.

Andere Verfahren haben das Ziel, direkt auf die Mikroflora einzuwirken, die Anzahl der Keime in der Mundhöhle zu reduzieren, ihre Zusammensetzung zu verändern oder ihren Stoffwechsel in harmlose Bahnen zu lenken. Dies kann über eine Immunisierung des Wirtsorganismus gegen die Bakterien oder durch den Einsatz eines Antibiotikums geschehen. Die eventuelle Anpassung der Keime und die Veränderung des Gleichgewichts zwischen Mundflora und Wirt sprechen jedoch nach KÖNIG (40) gegen die langfristige Anwendung solcher Mittel. LÖE sieht hierin trotz plaquereduzierender Effekte ebenfalls eine Gefahr (48). Nach LAMMERS (42) sind besonders jene antibakteriellen Stoffe bedeutungsvoll, die nicht nur auf die pathogenen Keime einwirken, sondern auch selektiv die kariogene und anaerobe Mundflora bakteriostatisch beeinflussen. Die Vielzahl von Arbeiten über bakterizide Substanzen, unter denen seit einigen Jahren Chlorhexidin einen herausragenden Platz einnimmt, ist ein Hinweis auf die Aktualität der Chemotherapie in der präventiven Zahnmedizin. Nicht nur die Tierversuche von

MÜHLEMANN (52), DAVIES und HULL (15), sondern auch Studien an Versuchspersonen haben die Überlegenheit dieses Mittels wiederholt bestätigt (GJERMO et al. (24), LÖE (47)). Die Tests fanden vorwiegend unter Aufsicht statt und befaßten sich in der Mehrzahl mit der Plaquereduktion und der Verhütung von Zahnstein und Gingivitis durch Chlorhexidin. Für die alltägliche Praxis des Zahnarztes läßt sich die Effektivität des relativ neuen Antiseptikums noch nicht genau beurteilen. Der behandelnde Arzt kann das in der Bundesrepublik Deutschland seit 1976 als Spüllösung auf dem Markt angebotene Chlorhexidin-digluconat zum Gebrauch empfehlen; es steht jedoch nicht in seiner Macht, die sorgfältige Durchführung der Anweisungen zu überwachen. Der Erfolg des Präparats unter diesen Bedingungen war bisher wenig erforscht, vor allem die länger anhaltende Wirkung auf die Mundflora, die sich an der Änderung des Speichelstoffwechsels ablesen läßt. Die vorliegende Arbeit hat es sich zur Aufgabe gemacht, zur Klärung einiger Aspekte dieses Problems beizutragen.

II. Literaturübersicht

=====

Die Eigenschaften des Chlorhexidins wurden seit seiner Entdeckung in zahlreichen Arbeiten untersucht. Die umfassendste Literaturübersicht gibt OCHSENBEIN (55); im englischen Schrifttum sind zwei ähnliche Zusammenfassungen erschienen: GJERMO (25), LÖE (47).

Chlorhexidin wurde zunächst als Desinfektionsmittel in der Medizin verwendet; schon bald zeigte es aber besondere Fähigkeiten, die es für die Zahnheilkunde interessant werden ließ. Bei einem Vergleich von 11 Substanzen erreichte der Wirkstoff die effektivste P l a q u e h e m m u n g (GJERMO et al. (24)).

Eine zweimalige Spülung (0,2 %ig) pro Tag verhinderte wirksam Plaque, Gingivitis, Zahnstein und Glattflächenkaries (LÖE et al. (46), LÖE (48)). CANCRO et al. (10) berichteten über eine starke Zahnsteinreduktion und eine 72 %ige Plaquehemmung nach Spülung mit 0,1 %igem Chlorhexidin. Der Einfluß auf die Gingivalsaumflora wurde in vitro und in vivo von DAVIES et al. (13), SCHIÖTT et al. (62) und SCHIÖTT (64) untersucht; ihre teilweise divergierenden Ergebnisse werden durch spätere Arbeiten präzisiert; HENNESSEY (31) stellte die breite Wirksamkeit gegen gramnegative und vor allem grampositive Stämme fest, wobei 0,02 %iges Chlorhexidin fast 100 % der vorhandenen Keime innerhalb 10 min abtötete. Während eines 2 - 4 Wochen dauernden Spülversuchs fanden KOBYLANSKA et al. (37) eine starke Verringerung der Flora am Gingivalrand und auf der Zahnoberfläche ohne eine signifikante Veränderung der Zusammensetzung.

P i l z e r k r a n k u n g e n wie Candidiasis begannen innerhalb weniger Tage nach Spülbeginn zu heilen und bald darauf völlig zu verschwinden (LANGSLET et al. (43)). 90 % der von KALOWSKI et al. (36) untersuchten Mundstreptokokken wurden von 4µg/ml Chlorhexidinlösung gehemmt; solche behandelte Plaque ließ sich in toto von den Zähnen abziehen und nur schwer homogenisieren (DAVIES et al. (14)). Bakteriologische Tests mit *S.mutans* ergaben in neutralem oder basischem Milieu einen höheren plaquehemmenden Effekt als bei niedrigem pH.

Erfolgreich verliefen auch Versuche mit l o k a l e r A n w e n d u n g des Wirkstoffes. Die Touchierung mit einer 2 %igen Lösung verhinderte vollständig die bakterielle Besiedlung der Zähne, die Bildung von Plaque und Zahnstein (DAVIES et al. (13), LÖE et al. (46), OLIVER und EGELBERG (56)). Die hohe bakteriostatische und bakterizide Aktivität manifestierte sich

in einem raschen Abklingen der Gingivitis bei Beaglehunden nach einer täglichen Applikation als 0,5 %iges Gel oder als 2 %ige Lösung bei Affen (DAVIES und HULL (15), JOHNSON und KENNEY (35)), wobei sich jedoch 24 Std nach der letzten Anwendung manchmal weiße, weiße Ablagerungen entwickelten.

Die hohe Wirksamkeit des Chlorhexidins regte sehr bald Fragen nach den Ursachen dieser Effizienz an. Nach RÖLLA, LÖE und SCHIÖTT (58, 59) beruht sie auf der Adsorption des Wirkstoffes an Hydroxylapatit, Zahnoberflächen und Speichelmucinen, wobei sich "Reservoirs" bilden, von denen das Agens langsam freigesetzt wird, wenn die Konzentration in der Umgebung niedrig ist. Bedeutungsvoll ist die Wechselwirkung mit sauren Speichelproteinen und die hohe Affinität des Mittels zu den mucinbedeckten Zähnen und Geweben. Der Speichel behält mindestens 2 Std lang antibakterielle Eigenschaften, ebenso entfalteten Hydroxylapatit, Protein-bedeckter Apatit, Proteine und Streptokokken eine länger anhaltende Aktivität gegen Speichelbakterien (RÖLLA, LÖE und SCHIÖTT (60)). Dies stellt nach LÖE (48) ein völlig neues Prinzip der Verhütung mikrobieller Besiedlung dar. Eine zusammenfassende Darstellung aller Einwirkungsmöglichkeiten gaben RÖLLA und MELSEN (61) und bestätigten oben genannte Ergebnisse. ^{*)}

Die Bedeutung der funktionellen Gruppen im Chlorhexidinmolekül für seine Verankerung an Zahnoberflächen hoben QUINTANA et al. (57) hervor und wiesen auf seine hervorragende Oberflächenaktivität und Affinität für Apatit hin. Vermutungen über Beeinflussung von Zellbausteinen (EMILSON et al. (18)) wurden von DAVIES (16) bestätigt: der Wirkstoff erhöht die Permeabilität der Bakterienmembran, dringt ins Innere und fällt das Cytoplasma aus.

^{*)} Als Kurzfassung erschienen in Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 840-842 (1976): G.RÖLLA: Plaque-Bildung und Plaque-Verhinderung

In derselben Arbeit wird über eine schnelle Adsorption an *S. mutans* in zuckerfreiem Medium und über ihre Verzögerung bei Zuckeranwesenheit berichtet. Auf die Abhängigkeit des klinischen Effekts von der Oberflächenbindung und auf die Entfaltung der antibakteriellen Aktivität in einem günstigen pH-Bereich von 6 - 10 wird von TURESKY et al. (68) hingewiesen.

Von erheblicher Bedeutung für den **L a n g z e i t - e f f e k t** des Chlorhexidins ist seine hohe Retentionsquote in der Mundhöhle. Nach BONESVOLL et al. (2) ergab eine Spülung (0,2 %ig) eine Gesamtretention von 34 %; im Speichel zeigte sich eine erhebliche Anfangskonzentration mit bakterizider Wirkung, die während der ersten Stunden schnell, dann aber nur noch allmählich zurückging und einen verlängerten bakteriostatischen Effekt hatte. BONESVOLL et al. (3) stellten fest, daß die Retention proportional zur Konzentration und zeitlichen Dauer der Spülung ist: innerhalb von 30 sec werden 75 % des Wirkstoffes retiniert, falls der pH-Wert zwischen 6,4 und 9 liegt. Bei pH 1,5 - 3 sinkt der zurückgehaltene Anteil um mehr als die Hälfte.+) Die - von der Konzentration und dem pH-Wert abhängige - Bindung an gelöste und ausgefällte Proteine einschließlich des Albumins in Serum und Speichel ist nach Untersuchungen von HJELJORD et al. (32, 33) reversibel. GJERMO (28) bestätigte die Rückhaltung von etwa 30 % in der Mundhöhle durch reversible Wechselwirkung mit Phosphat-, Sulfat- und Carboxylgruppen und die nachfolgende allmähliche Freisetzung, wodurch ein konstanter Anteil von Chlorhexidin im Speichel mehrere Stunden lang aufrechterhalten wird. Die Bedeutung der Retention für die bakteriostatische Wirkung wurde von GJERMO, BONESVOLL und RÖLLA (27) nachdrücklich hervorgehoben, während DAVIES und HULL (15) mit Hilfe von radioaktivem

+) Vgl. (29)

¹⁴C die Beschränkung der Bindung an die Oberfläche des Mundhöhlenepithels nachweisen konnten. Im Bindegewebe oder in den Lymphknoten war auch nach wiederholten Anwendungen kein Chlorhexidin nachweisbar, im Gegensatz zu seiner Aktivität auf allen Zahnflächen bis zu 12 Std nach Applikation. Durch Kombination mit einem Fluorid konnte LUOMA (50) eine erhöhte Phosphataufnahme in den Schmelz beobachten, die eine auffallende Härtung um ca. 70 % hervorrief.

Schon frühzeitig befaßten sich LÖE und SCHIÖTT mit der optimalen D o s i e r u n g des Mittels (45). Es stellte sich dabei heraus, daß eine einzige tägliche Applikation einer 2 %igen Lösung auf allen Zahnflächen Plaque und Gingivitis vollständig verhütet; 2 Spülungen (0,2 %ig) pro Tag verhinderten Plaquebildung wirksam, einmaliges Spülen nicht auf allen Zahnflächen. Spätere Ergebnisse (BONESVOLL et al. (4)) mit verringerter Konzentration (0,05 %) zeigten die Effektivität von 2 x 2 Spülungen (15 sec lang) mit 20 ml täglich oder 3 x 2 Dosen mit 10 ml. Ein spezieller Vasokonstriktor- und Adstringenzzusatz zur 0,2 %igen Spüllösung brachte bei 2 - 3maliger Anwendung eine fast vollkommene Reduktion von Gesamtkeimzahl und Taschenflora (WINKLMAIR (70)). FLÖTRA (23) verglich verschiedene Anwendungsmöglichkeiten des Präparats und stellte nicht nur bei Mundspülungen, sondern auch bei chlorhexidinhaltigen Zahnpasten und Gelen sinkende Plaqueindices fest.

In Langzeitversuchen wurden mögliche N e b e n e f f e k t e geprüft, z.B. in einem 4 Monate dauernden Test an 50 Soldaten (FLÖTRA et al. (21)): neben einigen Desquamationen und Mucosaempfindlichkeiten waren 12 % der Zähne, 62 % der Silikatfüllungen und 36 % der Zungen bräunlich verfärbt. In der Zusammensetzung der Mundflora wurden keine Unterschiede festgestellt. Von Klagen

über den Geschmack der Lösungen wird auch an anderer Stelle berichtet (FLÖTRA (23)).

Während EMILSON et al. (18) R e s i s t e n z e r - s c h e i n u n g e n bei Speichelbakterien feststellten und 2 Streptokokkenstämme isolieren konnten, die sich in Anwesenheit von (0,55 mM) Chlorhexidin weiter vermehrten und STICKLER (66) resistente Stämme von Bac. Proteus mirabilis züchtete, ergab die Studie von SCHIÖTT und LÖE (63) nur eine unwesentliche Verminderung der Empfindlichkeit von oralen Streptokokken gegen den Wirkstoff nach 6-monatiger Verwendung einer Zahnpaste, die diese Substanz enthielt. Weiterhin kommt SCHIÖTT (64) zu dem Schluß, daß sich die Zusammensetzung der Mundflora auch nach längerer Anwendung nur geringfügig verändert. Seine Aussagen stimmen gut überein mit den Ergebnissen von MIKKELSEN et al. (51) und GJERMO und ERIKSEN (26).

Ausgehend von den Arbeiten von LAMMERS (42) kann man annehmen, daß sich in der gesunden Mundhöhle ein individuell unterschiedliches Gleichgewicht der Mikroorganismen einstellt, das durch die Zusammensetzung im Nüchternspeichel optimal darstellbar ist (KRÖNCKE (41)). Die Gesamtzahl der vorhandenen Keime wird durch äußere Einflüsse wie Nahrungsaufnahme oder Mundhygiene ständig verändert (SCHIÖTT (64)). Die Beeinflussung der Mundflora durch Chlorhexidin wurde 1970 von SCHIÖTT und Mitarbeitern eingehend untersucht (62). Zwei 0,2 %ige Spülungen täglich reduzieren die Keimzahl im paraffinstimulierten Speichel um 85 - 90 % ohne selektive Wirkung auf eine bestimmte Bakterienart. Zwei Tage nach Einstellung der Spülungen waren die Ausgangsverhältnisse wiederhergestellt. In einem späteren Langzeitversuch erzielte SCHIÖTT (64) eine Reduktion auf 50 - 70 % der Normalwerte. Die Zusammensetzung blieb in etwa konstant: die Anzahl der anaeroben Bakterien war am größten, die der Streptokokken

am geringsten. In einer weiteren Veröffentlichung (65) wurden die Ergebnisse dieses Versuchs zusammengefaßt. Mit einer spektrophotometrischen Methode erforschten JENSEN und CHRISTENSEN (34) die Konzentration von Chlorhexidin im Speichel nach einer Mundspülung. Sie blieb fünf Stunden lang hoch genug, um bakteriostatisch zu wirken.

Die Untersuchungen über den S t o f f w e c h s e l der Mundbakterien begannen, wie KRÖNCKE (41) berichtet, mit dem von Eggers-Lura 1949 beobachteten Sauerstoffverbrauch. Der Abbau von Kohlenhydraten durch die im menschlichen Speichel enthaltenen Mikroorganismen wurde von Hartles und McDonald 1950 mit Hilfe der Warburg-Methode untersucht. NEUWIRTH und SUMMERSON (54) fanden an paraffinstimuliertem Sekret, daß schon nach 30 min 80 % einer zugeführten Glucoselösung verschwunden und statt dessen Säuren gebildet worden waren. Der Zusatz von Zuckern zum Nüchternspeichel steigert dessen O_2 -Aufnahme beträchtlich: nach den Arbeiten BURNETT's (7, 8, 9) über den aeroben und anaeroben Abbau verschiedener Kohlenhydrate brachte der Glucosezusatz eine Steigerung zwischen 0 und 66 % der Leeratmung. TULLAR (67) und EGGERS-LURA (17) führten die metabolische Aktivität auf die Enzymsysteme der Mikroorganismen zurück. BRAMSTEDT und VONDERLINN (5) konnten beim Speichel kariesresistenter Personen einen höheren O_2 -Verbrauch feststellen, der auch stärkeren täglichen Schwankungen unterworfen war als bei kariesanfälligen. Diese Tatsache benutzten KRÖNCKE und NAUJOKS 1954 (41a) zur Entwicklung eines Kariestests. 1,5 ml Speichel einer kariesresistenten Person verbrauchen stündlich mehr als 145ul O_2 , eine Aufnahme von weniger als 95ul O_2 /Std kennzeichnet Kariesanfälligkeit. Die Speichelatmung bei Munderkrankungen (NAUJOKS und KRÖNCKE (53)) sowie beim Abbau von Kohlenhydraten (BRAMSTEDT, KRÖNCKE, NAUJOKS und VONDERLINN (6)) waren Gegenstand weiterer Forschungen. KRÖNCKE (41) wies nach, daß der

Glucosezusatz in jedem Fall eine erhebliche Steigerung der Glykolyse hervorruft, während die Intensivierung der Speichelatmung bei Kariesresistenten höher ist als bei Kariesanfälligen.

Im Gegensatz zum normalen Mundmilieu besitzt das reine Speicheldrüsensekret nur eine geringe O_2 -Aufnahme, da die Atmungsvorgänge an zellige Elemente wie Bakterien, Leukozyten und Epithelzellen gebunden sind: TULLAR (67) und BURNETT (9) beobachteten nach Trennung des Speichels von seinen festen Bestandteilen durch Zentrifugieren ein sofortiges Aufhören von Säurebildung und O_2 -Verbrauch.

Die Beeinflussung des Stoffwechsels durch Chlorhexidindigluconat soll in der vorliegenden Arbeit untersucht werden.

III. Material und Methoden

=====

A. Speichel und Spüllösung

Für die Bestimmung der Wirkungen, die Spülungen mit Chlorhexidin-digluconat auf den Stoffwechsel der Mundflora haben, wurde nichtstimulierter Nüchternspeichel verwendet, dessen besondere Eignung für die Feststellung typischer individueller Merkmale A. KRÖNCKE (41) untersucht und nachgewiesen hat. Der gleichen Arbeit konnte auch sinngemäß die Anleitung für die Testpersonen entnommen werden, in welcher Weise sie die benötigte Speichelmenge - mindestens 3 ml für die manometrische Messung der Sauerstoffaufnahme und der Glykolyse - sammeln sollten (vgl. Anhang 1).

Da die gesamte Untersuchung als Doppelblindversuch angelegt war, erhielten die Probanden Spüllösungen in Originalpackungen, die man ausschließlich durch die Fabrikationsnummer - 423 bzw. 496 - unterscheiden konnte +)

In Farbe, Geruch und Geschmack stimmten die Flüssigkeiten, von denen eine ein Placebo war, vollständig überein. Erst nach Beendigung aller Arbeiten wurde der Wirkstoffgehalt bekannt.

Nr. 423: 0,1 %ige Chlorhexidin-digluconat-Lösung

Nr. 496: 0,008 %ige Chininhydrochlorid-Lösung

In beiden Fällen handelte es sich um wässrige, alkoholische Lösungen, die geringe Mengen eines Emulgators enthielten. Sie waren mit einem roten Lebensmittelfarbstoff eingefärbt.

B. Probanden. Durchführung der Reihenuntersuchung

Als Probanden stellten sich 40 Studenten der Universität Erlangen-Nürnberg zur Verfügung. Dreißig Teilnehmer waren Zahnmediziner, zehn gehörten anderen Fakultäten an. Sie wurden in vier Gruppen A - D aufgeteilt, da nicht mehr als zehn Speichelproben täglich untersucht werden konnten.

Zur Kennzeichnung der Testpersonen diente ihr Gruppenbuchstabe und eine Zahl, die mit der Nummer des Gerätes übereinstimmte, mit dem im Labor die jeweilige Speichelprobe untersucht wurde. In der folgenden Tabelle sind Kennzeichen, Initialen des Namens, Alter und Geschlecht der Probanden sowie die Fabrikationsnummer des verwendeten Spülmittels zusammengestellt.

+) Die Blendax-Werke hatten freundlicherweise die Lösungen zur Verfügung gestellt, wofür ihnen auch an dieser Stelle herzlich gedankt werden soll.

A	2	B., H.P.	23	Jahre	m	423
A	3	L., K.	27		m	423
A	4	M., K.	21		w	423
A	5	M., G.	21		w	496
A	6	P., A.	26		m	496
A	7	P., G.	22		w	496
A	8	P., G.	22		m	496
A	9	Sch., U.	21		w	423
A	10	T., A.	23		w	496
A	11	W., G.	22		w	423
B	2	B., R.	25		m	423
B	3	B., W.	23		m	496
B	4	D., G.	24		m	423
B	5	L., H.	26		m	496
B	6	O., U.	24		m	423
B	7	M., M.	23		m	496
B	8	Sch., H.	22		w	423
B	9	St., R.	22		m	496
B	10	W., W.	23		m	496
B	11	W., H.	24		m	423
C	2	Ae., J.	27		m	423
C	3	I., G.	22		m	496
C	4	P., M.	21		w	423
C	5	R., W.	23		m	496
C	6	Sch., P.	22		w	496
C	7	Sch., U.	23		w	496
C	8	Sch., D.	26		w	423
C	9	St., S.	24		w	423
C	11	Z., B.	24		w	423
C	12	B., G.	23		m	496
D	2	G., Th.	23		m	496
D	3	G., D.	24		m	423
D	4	M., W.	24		m	423
D	5	M., M.	22		w	423
D	6	Sch., J.	24		m	496
D	7	S., R.	23		m	423
D	8	T., W.	24		m	496
D	9	W., H.	24		m	496
D	10	W., M.	26		m	423
D	11	Z., I.	46		m	496

Der Proband C 10 konnte die notwendige Speichelmenge nicht liefern. An seine Stelle trat C 12.

Jeder Teilnehmer erhielt einen Terminplan für die Speichelabgabe an sieben bestimmten Tagen, eine genaue Anweisung für die Gewinnung des Speichels und für die Durchführung der Spülungen (Anhang 1), dazu sieben sterile, verschließbare und mit seinem Kennzeichen versehene Reagenzgläser sowie je 1,75 l Spüllösung.

An den im Terminplan vorgesehenen Tagen mußte der Proband den Speichel nach Anweisung, aber ohne Überwachung, und bis spätestens 8.30 Uhr zur Untersuchung abliefern. Nach vier Speichelabgaben,¹ die für einen Probe- und drei Meßläufe verwendet wurden, begannen die Spülungen, die ebenfalls nach Anleitung in eigener Verantwortung durchzuführen waren. Die restlichen drei Speichelproben wurden eine Woche, zwei und vier Wochen nach Spülbeginn untersucht.

Es muß betont werden, daß die unkontrollierte Sammlung des Speichels und die freiwillige, mehr oder minder sorgfältige Beachtung der Spülanweisung mit den Bedingungen übereinstimmen, die normalerweise das Verhältnis zwischen dem praktizierenden Zahnarzt und seinem Patienten bestimmen. Da außerdem die Spülungen am Abend, die Speichelabgaben aber erst am nächsten Morgen stattfanden, erfaßten die Messungen nicht den momentanen Spüleffekt (Verminderung der Keimzahl durch die bakteriziden Eigenschaften des Antiseptikums und durch die mechanische Wirkung der Spülung), sondern nur die mindestens eine Nacht lang andauernde Aktivität des Chlorhexidin-digluconats.

C. Manometrie

1. Die Warburg-Methode

Berechnung und Auswertung der Meßergebnisse

Wird von einer gegebenen Gasmenge ein bestimmter Teil verbraucht oder wird sie durch entstehende Gase vergrößert, so kann die neue Gasmenge durch Druckverminderung bzw. -erhöhung auf das Ausgangsvolumen der ursprünglichen Menge gebracht werden. Die Druckänderung ist dann unter Berücksichtigung des äußeren Luftdrucks und der Temperatur ein Maß für das Volumen x des verbrauchten oder erzeugten Gases unter Normalbedingungen.

Das ist der Grundgedanke der manometrischen Methode von Otto Warburg, die von UMBREIT et al. (69) und O. KOELLE (38) ausführlich beschrieben wurde.

Als Formel für die Berechnung des Volumens x in μl erhält man

$$(I) \quad x = k \cdot h$$

wobei k die Gefäßkonstante in $\mu\text{l}/\text{mm}$ und h in mm die korrigierte manometrische Differenz ist. Die Gefäßkonstante wird berechnet nach

$$(II) \quad k = \left[(V_R + V_M - V_F) \cdot \frac{273}{T} + V_F \cdot a \right] \cdot 10^{-4}$$

dabei bedeuten:

V_R = Volumen des Reaktionsgefäßes in μl

V_M = Volumen des Manometers in μl

V_F = Volumen der reagierenden Flüssigkeiten in μl

T = absolute Temperatur von Gas und Flüssigkeit

a = Bunsen'scher Lösungskoeffizient

bei 37°C : $a_{\text{CO}_2} = 0,567$

$a_{\text{O}_2} = 0,0239$

Bei den vorliegenden Versuchen waren $V_{F,T}$ und a konstant (vgl. dazu Abschnitt C.2), so daß die Formel II vereinfacht werden konnte:

(II A) für O_2 -Aufnahme:

$$k = [(V_R + V_M - 2800\mu l) \cdot 0,8806 + 66,92\mu l] \cdot 10^{-4}$$

(II B) für CO_2 -Entstehung:

$$k = [(V_R + V_M - 2500\mu l) \cdot 0,8806 + 1418\mu l] \cdot 10^{-4}$$

Die korrigierte manometrische Differenz h erhält man nach der Formel

$$(III) \quad h = (h_t - h_o) - (b_t - b_o)$$

wobei h_t und h_o die Manometeranzeigen in mm zur Zeit t bzw. zu Versuchsbeginn sind,

b_t und b_o die Anzeigen des Thermobarometers in mm zu den entsprechenden Zeiten.

Bei Gasentstehung wird h positiv, bei Gasverminderung negativ.

Die Vielzahl der einfachen, aber zeitraubenden Berechnungen, die bei einer Reihenuntersuchung notwendig sind, wird am zweckmäßigsten durch den Einsatz einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage bewältigt, im vorliegenden Fall eine Olivetti P 652 mit Ausgabeeinheit E 4 St, die nicht nur die Meßergebnisse berechnet, sondern sie auch gleich in Tabellenform auf Ergebnisblättern ausdrückt (vgl. dazu Anhang 2, 3, 4).

Alle Meßergebnisse eines Probanden werden anschließend dem Rechner eingegeben, der zunächst alle notwendigen Hilfwerte ermittelt und dann die Daten tabellarisch auf den Auswertungsbättern ausdrückt (vgl. dazu Anhang 5).

2. Versuchsbeschreibung und Ansätze

Die Steigerung des Sauerstoffverbrauchs im menschlichen Speichel bei Substratangebot läßt sich als Maß für den Abbau von Zuckern unter aeroben Bedingungen verwenden. Unter anaeroben Verhältnissen kann man im Warburg-Versuch den Umsatz an der Säureproduktion ablesen, die aus Bikarbonatpuffer vermehrt CO_2 freisetzt. In der vorliegenden Versuchsreihe werden diese beiden Komponenten des Stoffwechsels von Nüchternspeichel nach Glucosezusatz gemessen: die erhöhte Speichelatmung aerob, die Glykolyse anaerob.

Die von jedem Probanden gelieferte Speichelprobe wurde mit einem magnetischen Rührwerk homogenisiert und in der vorgeschriebenen Menge in die Reaktionsgefäße einpipettiert.

Für die Messung des O_2 -Verbrauchs befanden sich

- 1,0 ml Speichel,
- 1,0 ml Veronalpuffer im Hauptgefäß,
- 0,3 ml NaOH (10 %) im Zentralgefäß zur Bindung
des freiwerdenden CO_2 ,
- 0,25 ml Aqua dest.
- 0,25 ml m/10 Glucoselösung im Seitenarm
(= m/100 im gesamten Ansatz).

Veronalpuffer: 2,062 g Barbitol-Natrium werden in 100 ml Aqua dest. zu einer 0,1-molaren Lösung gelöst. Davon werden 53,6 ml mit 46,4 ml einer 0,1 n HCl aufgefüllt und das pH des Puffers genau auf 6,9 eingestellt.

Glucoselösung: 1,9817 g Glucose (Merck Art. 8342) werden in 100 ml Aqua dest. gelöst. Die Konzentration der Glucoselösung beträgt m/10, verringert sich jedoch unter Berücksichtigung der Verdünnung im Gesamtansatz auf m/100.

Nach der Verbindung mit dem Manometer wurde das Reaktionsgefäß in ein Wasserbad mit einer konstanten Temperatur eingehängt und mit einer Frequenz von 120/min geschüttelt, bis die Versuchstemperatur von 37°C erreicht war. Danach erfolgte die Einstellung des Manometers auf einen Ausgangswert von 200 mm und die Schließung des Systems. Das Einkippen der Glucoselösung aus dem Seitenarm in das Hauptgefäß bestimmte den Versuchsbeginn. Nach 30, 60 und 120 min wurden die Höhe der Flüssigkeit korrigiert, die Manometerwerte abgelesen und protokolliert.

Die Handhabung des Thermobarometers, das mit 2,8 ml Aqua dest. gefüllt war, verlief entsprechend.

Messung der Säureproduktion:

Im Ansatz waren enthalten:

- 1,0 ml Speichel,
- 1,0 ml Bicarbonatpuffer im Hauptgefäß,
- 0,25 ml Aqua dest.,
- 0,25 ml m/10 Glucoselösung im Seitenarm.

Bicarbonatpuffer: 98,9 mg NaHCO_3 auf 100 ml Aqua dest.

Das zugehörige Thermobarometer enthielt 2,5 ml Aqua dest.

Die Versuchsdurchführung unterschied sich von der oben beschriebenen nur dadurch, daß Thermobarometer und Reaktionsgefäß

nach dem Einhängen ins Wasserbad 10 min lang von einem Gasgemisch aus 95 % N_2 und 5 % CO_2 durchströmt wurden. Danach wurden alle Systeme geschlossen und weitere 10 min geschüttelt, um eine vollständige Erwärmung des Füllgases zu erreichen. Hier erfolgte die Feineinstellung der Manometersäule auf 50, dann begann der Versuch mit dem Einkippen des Substrats. Ablesung und Eintragung wie oben.

Zu jedem Termin waren je zehn Probanden bestellt, so daß in der Regel 2 Thermobarometer und 20 Manometer gleichzeitig bedient werden mußten.

3. Fehlerquellen. Bestimmung des Meßfehlers

Trotz der Eleganz der manometrischen Methode darf man nicht übersehen, daß ihre Meßergebnisse von vielen Faktoren mit entsprechend vielen Fehlerquellen beeinflußt werden.

Die manuelle Fertigkeit des Experimentators beim vollständigen Einkippen der Glucose ins Reaktionsgefäß, die Exaktheit beim Pipettieren der benötigten Flüssigkeitsvolumina, deren richtige Konzentration, ihre pH-Werte, die Einhaltung der Zeitintervalle bei der Ablesung und schließlich die Ablesung selbst beeinflussen die Genauigkeit des Meßergebnisses. Die durchgeführten Reihenuntersuchungen, bei denen ein Laborant in der Regel zwölf Geräte zu bedienen hatte, stellten hohe Ansprüche in bezug auf Fertigkeit und Genauigkeit.

Die CO_2 -Bestimmung unter anaeroben Bedingungen ist besonders anfällig gegen Bedienungsfehler. Bekanntlich werden Thermobarometer und Reaktionsgefäße, die auf $37^{\circ}C$ erwärmt werden, von

Untersuchung des Speichels desselben
Probanden im gleichen Versuch in sechs verschiedenen Gefäßen
22.7.1976

Proband	C 12		Test CO ₂			
	t=30		60		120	
Nummer	µl	%	µl	%	µl	%
I	21.3		54.9		141.2	
II	32.4		69.8		182.1	
III	26.7		84.5		219.1	
IV	33.9		77.2		196.4	
V	25.3		60.2		167.2	
VI	20.1		61.4		168.2	
MW I-VI	26.6	100	68.0	100	179.0	100
Streuung	5.1	19.3	10.3	15.1	24.5	13.7

Proband	C 12		Test O ₂			
	t=30		60		120	
Nummer	µl	%	µl	%	µl	%
I	32.9		56.9		87.6	
II	25.3		52.8		79.1	
III	36.3		62.0		92.4	
IV	31.8		56.9		85.3	
V	32.7		60.0		88.3	
VI	29.0		50.8		78.7	
MW I-VI	31.3	100	56.6	100	85.2	100
Streuung	3.4	11.0	3.9	6.8	4.9	5.8

Tabelle 1

zum Text S. 22

einem Gasgemisch aus 95 % N_2 und 5 % CO_2 durchströmt, das nur Zimmertemperatur hat. Schließt man nun das Thermobarometer sofort nach Ende der Begasung, dann muß sich das Füllgas von Zimmertemperatur auf $37^{\circ}C$ erwärmen, dabei ausdehnen und eine in Wirklichkeit nicht vorhandene Abnahme des äußeren Luftdrucks vortäuschen.

Zur Untersuchung dieses Effekts wurden sechs Thermobarometer nach Vorschrift pipettiert, begast und in 2-Minuten-Abständen nach Ende der Begasung geschlossen. Die durch die Erwärmung resultierende Druckzunahme wurde in kurzen Zeitabständen gemessen. Das Ergebnis ist in Abb. 1 dargestellt. Es zeigt, daß z.B. ein sofort nach Ende der Begasung geschlossenes Thermobarometer eine Druckzunahme von 50 mm auf 147 mm, also um 97 mm innerhalb von 15 min anzeigt, die nicht auf äußere Einflüsse zurückzuführen ist, und daß erst nach 8 min Erwärmung des Füllgases keine Druckzunahme mehr erfolgt.

Da bei Reihenuntersuchungen Thermobarometer und Reaktionsgefäß nicht gleichzeitig geschlossen werden können, muß dieser Effekt einen Fehler hervorrufen, wenn dem Füllgas nicht genügend Zeit zur Erwärmung gegeben wird. Ein deutliches Anzeichen dafür ist das plötzliche Ansteigen der Flüssigkeitssäule am Thermobarometer nach dem Schließen des Hauptahns.

Wird z.B. das Thermobarometer bereits 4 min nach Ende der Begasung geschlossen, das letzte Reaktionsgefäß jedoch erst nach 8 min, dann ist das Thermobarometer inzwischen um 8 mm gestiegen. Nach weiteren 7 min zeigt das Thermobarometer 63 mm an, der Stand des Manometers am Reaktionsgefäß bleibt unverändert. Die scheinbare thermobarometrische Differenz $\Delta b = 63 \text{ mm} - 50 \text{ mm}$ geht als Fehler in die Rechnung ein.

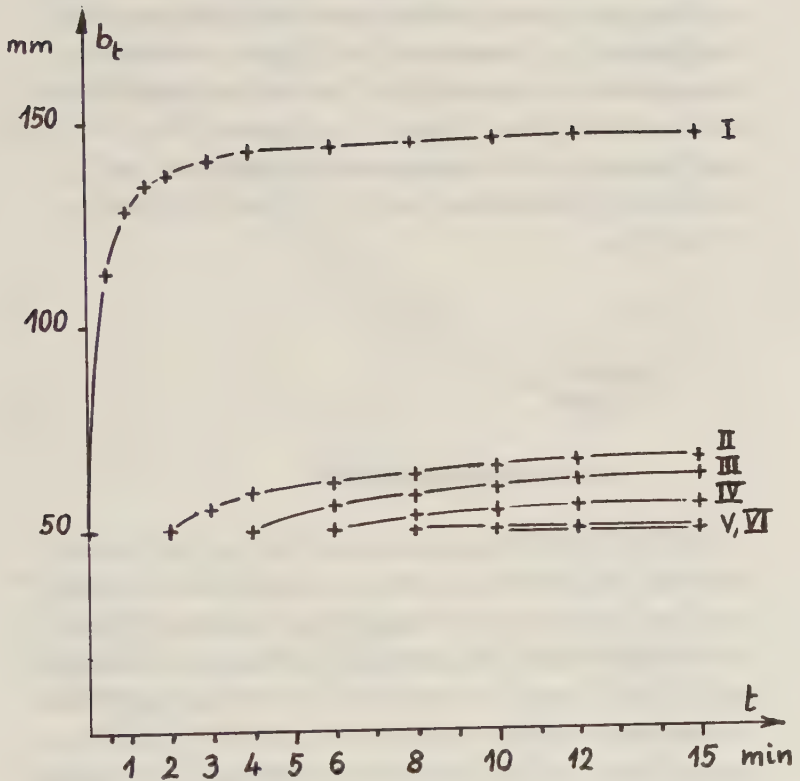


Abb. 1 Druckanstieg in Thermobarometern durch Erwärmung des Füllgases

I:	Verschuß	mit dem Ende der Begasung
II:	"	2 min nach Ende der Begasung
III:	"	4 min " " "
IV:	"	6 min " " "
V:	"	8 min " " "
VI:	"	10 min " " "

Das Ausmaß der sich summierenden Fehler kann theoretisch nicht geschätzt werden. Deshalb wurde im Blindversuch eine Speichelprobe gut homogenisiert und in sechs verschiedenen Reagenzgläsern - gleichzeitig mit dem Speichel anderer Probanden - zur Untersuchung vorgelegt. Das Ergebnis zeigt Tab. 1, S.19 Die Streuung der Ein-Stunden-Werte hat demnach bei der O_2 -Messung eine Größenordnung von 4 μl , bei der CO_2 -Messung von 10 bis 11 μl .

IV. Ergebnisse

A. Charakteristische Meßwerte

Bereits nach den ersten Versuchen fiel die sehr starke Schwankung der Meßwerte zwischen den verschiedenen Probanden auf, aber auch zwischen den Ergebnissen desselben Probanden an verschiedenen Tagen. Die graphische Darstellung der Meßkurven, wie in Abb. 2, hätte zu einer nicht mehr überschaubaren Menge von 480 Kurven geführt. Es mußte also zunächst eine Größe gefunden werden, die das jeweilige Versuchsergebnis hinlänglich genau kennzeichnet.

Für den nach zweistündiger Versuchsdauer gemessenen Wert sprach die Tatsache, daß die Streuung innerhalb der ersten drei Tests in 26 von 40 (bei CO_2 -Bestimmung) bzw. in 23 von 40 Fällen bei O_2 -Bestimmung niedriger lag als bei dem Ein-Stunden-Wert. Das sehr unterschiedliche Verhältnis zwischen den erzeugten CO_2 -Volumina nach einer und nach zwei Stunden (bzw. die nach einer und nach zwei Stunden verbrauchten O_2 -Mengen), das aus den Diagrammen der Abb. 2 und 3 ersichtlich ist, sprach

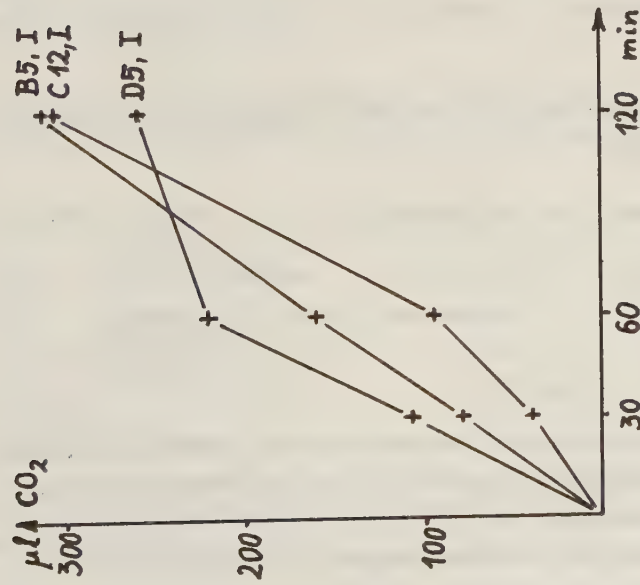


Abb. 2 Meßdiagramme für die CO₂ - Produktion im Speichelansatz verschiedener Probanden

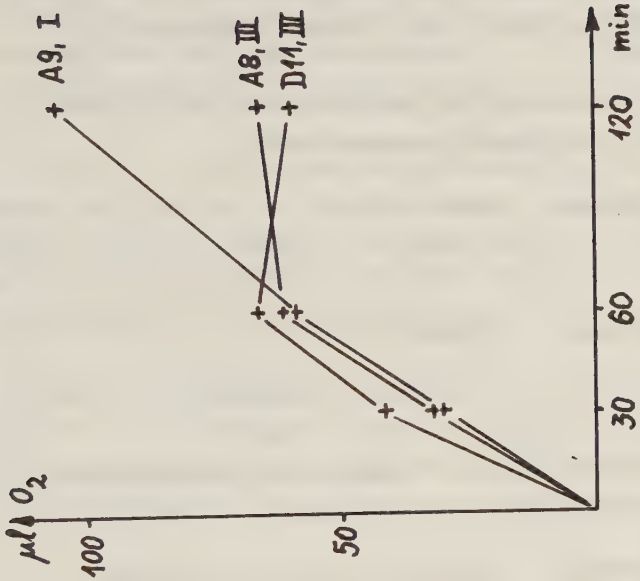


Abb. 3 Meßdiagramme für die O₂ - Aufnahme des Speichels verschiedener Probanden

aber eindeutig zugunsten des Ein-Stunden-Wertes, der im weiteren Verlauf der Arbeit als der "Normwert" bezeichnet wird.

Zur Verdeutlichung der Schwankungen mögen die folgenden Extremfälle der Normwerte angegeben werden:

CO₂-Messung: Proband A 5
 Test II: 42,2 µl
 Test I: 275,7 µl

O₂-Messung: Proband B 4
 Test I: 19,3 µl
 Test III: 59,2 µl

Innerhalb der gesamten Testgruppe sind die Unterschiede zwischen den Normwerten noch viel größer:

CO₂-Messung: Proband A 4, Test I: 18,8 µl
 D 4, Test I: 471,3 µl

O₂-Messung: Proband B 4, Test I: 19,3 µl
 D 7, Test III: 126,0 µl

Daneben gab es aber auch Probanden mit bemerkenswert konstanten Normwerten.

Proband C 2: CO₂-Messung... Test I: 265,8 µl
 II: 279,2 µl
 III: 269,0 µl

 O₂-Messung Test I: 92,0 µl
 II: 90,9 µl
 III: 84,3 µl

Für ihn und die beiden Testpersonen mit den größten Schwankungen der Meßwerte werden in den Abb. 4 und 5 alle Meßkurven vor Spülbeginn dargestellt, dazu die vereinfachten Blockdiagramme für die Normwerte der einzelnen Versuche mit ihrem Mittelwert und

der zugehörigen Streuung. Mit Hilfe der Mittelwertdiagramme können die Eigenschaften der Speichelproben aller Teilnehmer vor Spülbeginn übersichtlich dargestellt werden. (Vgl. Abb. 6)

Man sieht sehr deutlich, daß die durchschnittlichen CO_2 -Normwerte der verschiedenen Probanden erheblich stärker schwanken als ihre O_2 -Normwerte. Auch die Streuung der Meßergebnisse jeder einzelnen Testperson ist bei der Glykolyse wesentlich größer als bei der Speichelatmung.

Zwischen Säureproduktion und Sauerstoffaufnahme besteht nur ein loser zahlenmäßiger Zusammenhang: CO_2 -Werte über 200 $\mu\text{l}/\text{Std}$ entsprechen im allgemeinen einer Sauerstoffaufnahme von mehr als 50 $\mu\text{l}/\text{Std}$.

Für die Streuung der Meßwerte ist jedoch keinerlei Gesetzmäßigkeit erkennbar; sie hängt nicht von der Größe des durchschnittlichen Normwertes ab.

Teilt man die Probanden in Gruppen nach der Größe der Streuung ihrer Normwerte auf, so erhält man folgendes Bild:

O_2 -Aufnahme:		CO_2 -Produktion:	
Streuung < 5 %:	5 Probanden	Streuung < 10 %:	9 Probanden
von 5 -10 %:	10 "	10-20 %:	10 "
von 10 -20 %:	17 "	20-40 %:	14 "
20 % und mehr:	8 "	40 % u.mehr:	7 "

(siehe Anhang 7).

Die Streuungen der O_2 - und CO_2 -Normwerte sind jedoch nur bei wenigen Probanden korreliert:

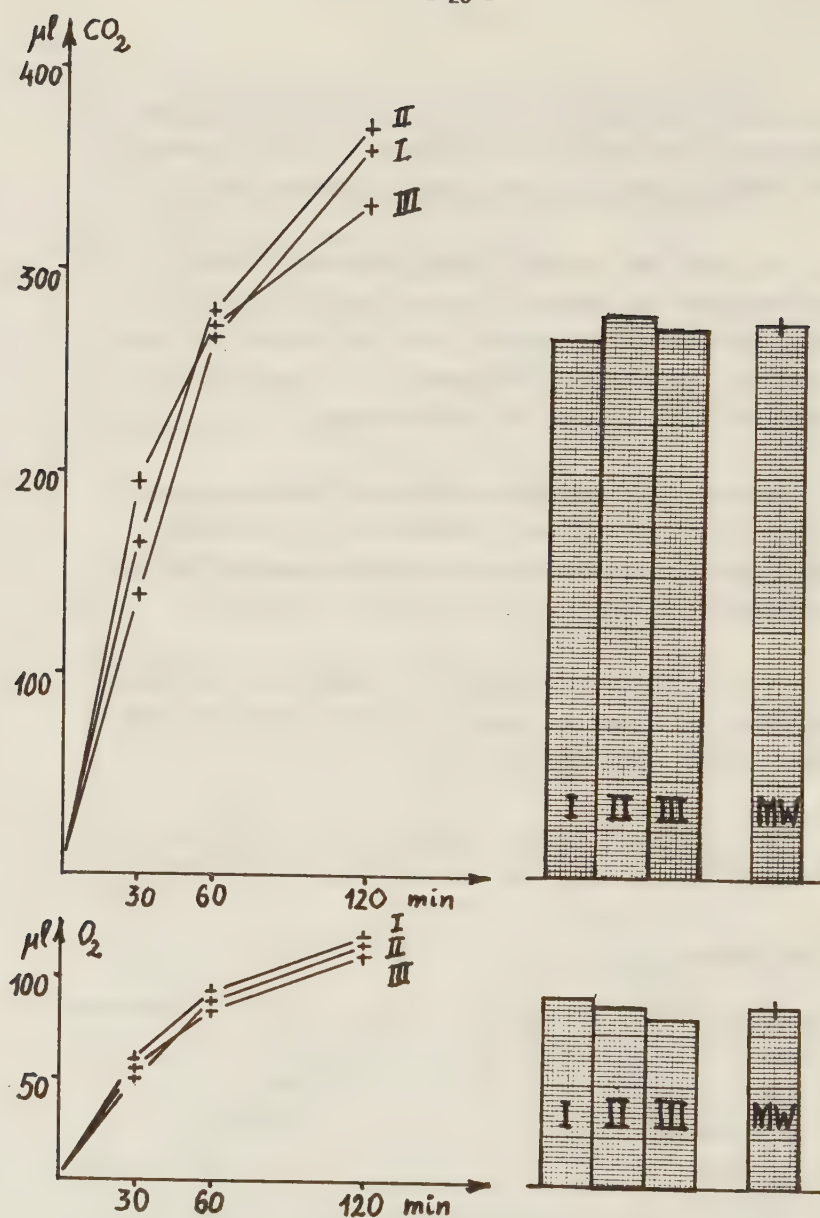
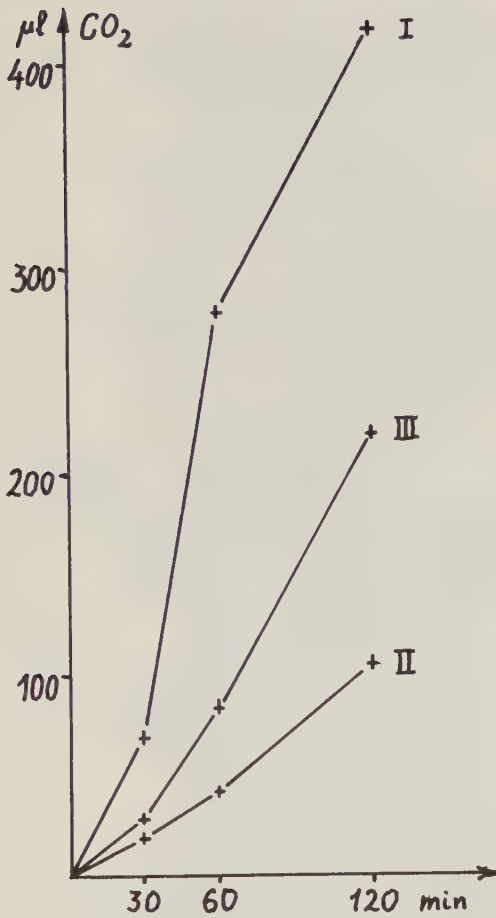
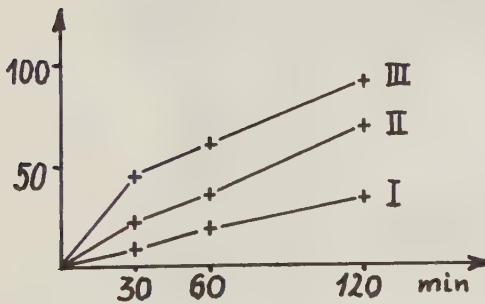
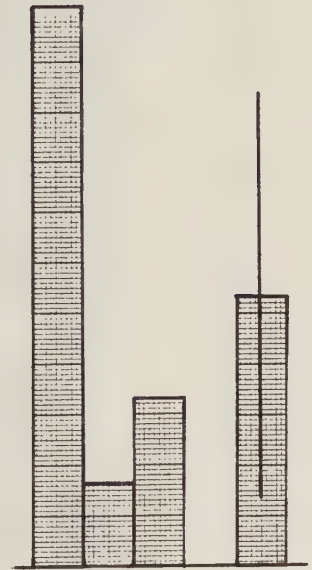


Abb. 4 Ergebnisse der Tests I-III bei dem Probanden C 2
Links die Kurvendiagramme, rechts im gleichen Maßstab die zugehörigen Balkendiagramme für die Normwerte I-III und für ihren Mittelwert (= durchschnittlicher Normwert).
Die Streuung ist als Strecke am oberen Ende eingezeichnet



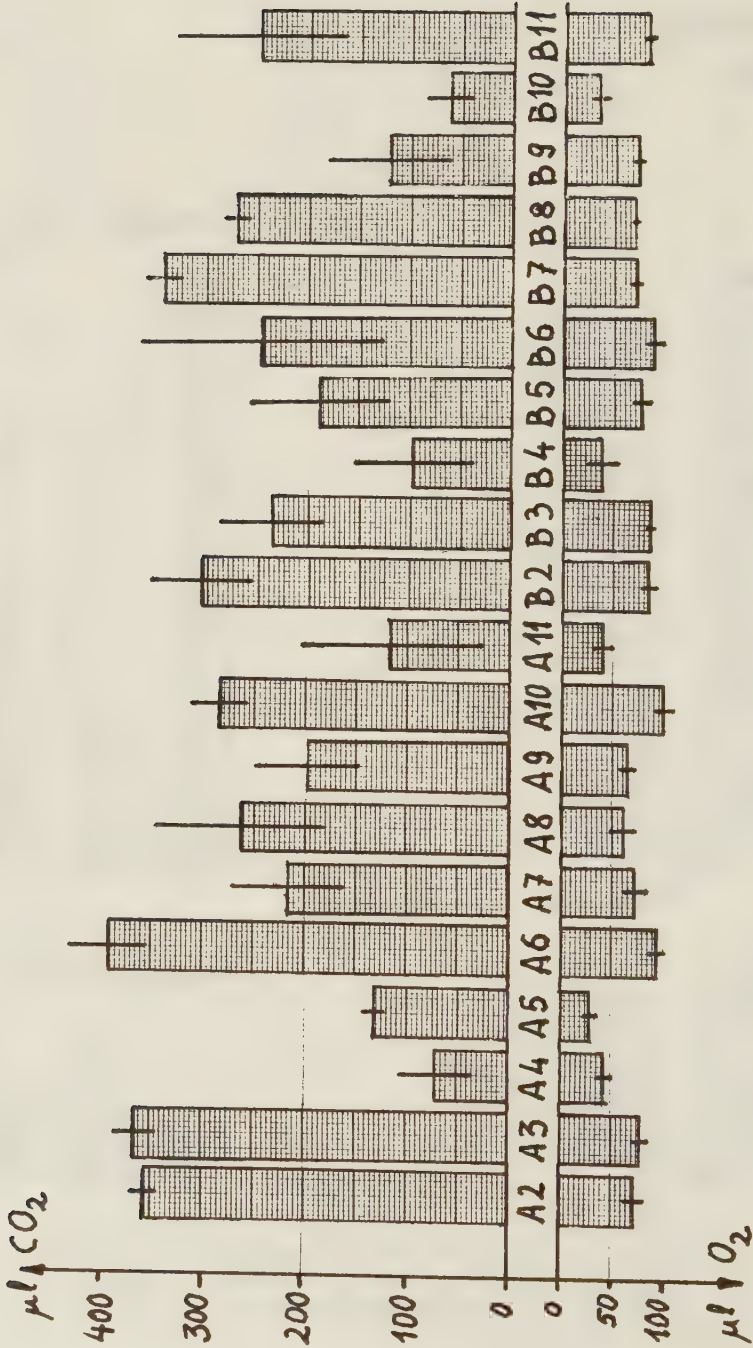
Proband A5



Proband B4



Abb. 5 Ergebnisse der Tests I-III bei der CO₂ - Messung des Probanden A 5 und der O₂ - Messung des Probanden B 4. Gleiche Darstellung wie in Abbildung 4



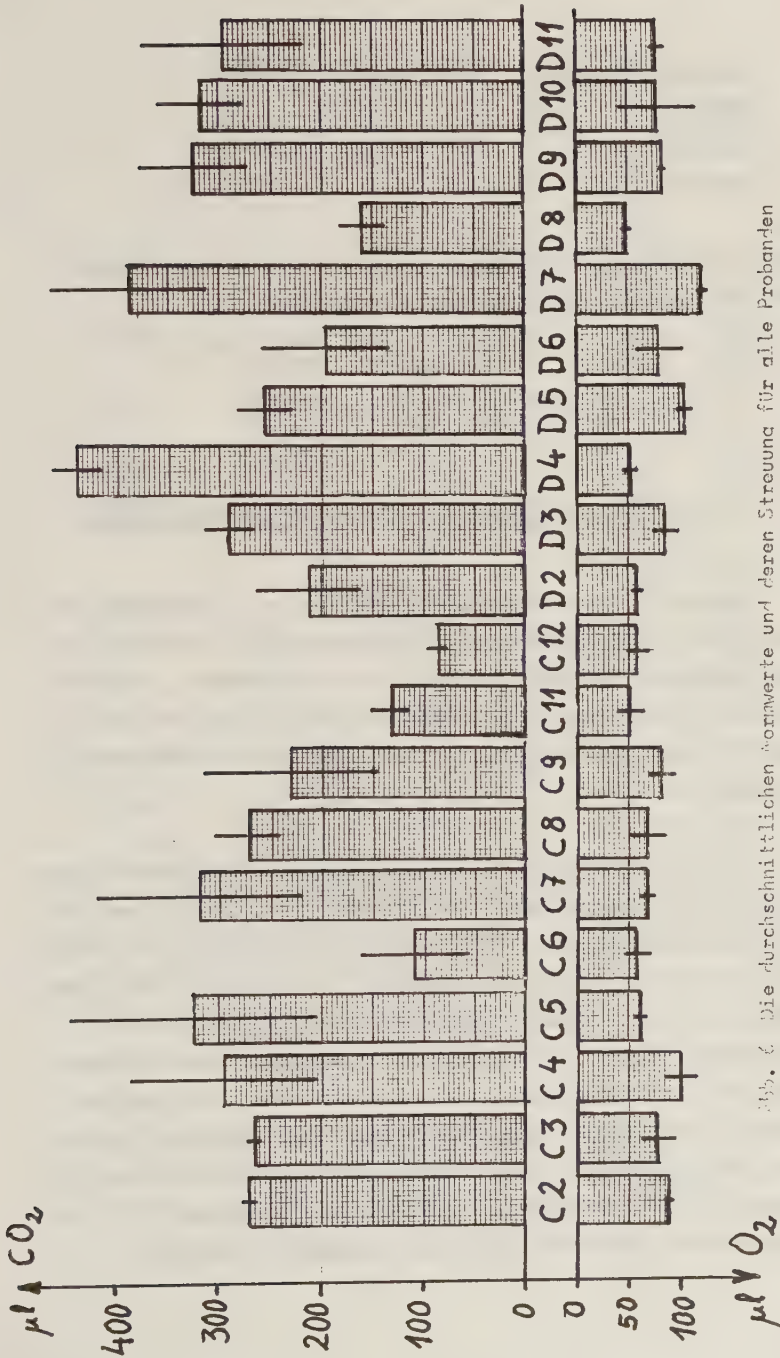


Abb. 6 Die durchschnittlichen Werte und deren Streuung für alle Probanden vor Beginn der Spülungen. Die CO_2 - Produktion ist nach oben, der O_2 - Verbrauch nach unten angetragen

geringste Streuung:	2	Probanden (B 8 und C 2)
mäßige	" : 3	"
häufigste	" : 8	"
höchste	" : 3	" (A 11, B 4, C 6)

Bei den restlichen 24 Testpersonen sind die Streuungen der O_2 - und CO_2 -Normwerte sehr unterschiedlich, z.B.

B 9 :	O_2 -Str.	4,4 %	CO_2 -Str.	45,6 %
C 3 :	"	20,4 %	"	2,3 %

B. Einfluß von Chlorhexidin-digluconat auf die Glykolyse

Bereits das erste Testergebnis nach Beginn der Spülungen ließ vermuten, daß die Spüllösung Nr. 423 den Wirkstoff enthielt, da die Speichelproben der Probanden, die sie verwendeten, um mindestens 50 % niedrigere CO_2 -Werte hatten. Die Wirkung der Lösung Nr. 496 war unterschiedlich; in den meisten Fällen stieg der CO_2 -Normwert an.

Zur Untersuchung der zeitlichen Abhängigkeit der Wirkung wurde ein Sondertest unternommen. Sein Ergebnis (vgl. Tab. 2) beweist den sofortigen Eintritt der verminderten Glykolyse (in diesem Beispiel wurde sie vollständig unterdrückt). Deren Werte nach einem, zwei, drei, vier und zehn Tagen unterliegen nur der üblichen Schwankung. Deshalb ist es berechtigt, ebenso wie bei den Tests Nr. I bis III auch aus den Normwerten, die eine, zwei oder vier Wochen nach Spülbeginn gemessen wurden, einen Mittelwert zu bilden. Die Auswertung läßt ein Absinken der durchschnittlichen CO_2 -Normwerte auf 10,5 % (Proband C 9) bis 66,7 % (Proband B 8), im Gruppendurchschnitt auf 33,9 % des Anfangswertes erkennen.

Tägliche Messung nach Spülbeginn (Nr. 423)

Proband C 12			Test CO ₂			
Nummer	t=30		60		120	
	µl	%	µl	%	µl	%
I	37.8		93.4		307.4	
II	39.9		93.4		280.1	
III	25.2		72.4		219.3	
MW I-III	34.3	100	86.4	100	268.9	100
Streuung	6.5	18.9	9.9	11.5	36.8	13.7

Nach Spülbeginn:

I	-5.2		-9.4		-27.3	1 Tag
II	-4.2		-2.1		-5.3	2 Tage
III	-5.2		-9.4		-3.1	3 "
IV	-1.1		-6.7		-5.6	4 "
V	-4.2		-3.1		10.5	10 "
MW I-V	-4.0	100	-6.1	100	-6.2	100
Streuung	1.5	37.9	3.1	50.0	12.1	196.8

Alle Werte (bis auf den 2-Stunden-Wert von Test V) sind negativ, d.h. es wurde kein CO₂ erzeugt. Die Schwankungen liegen innerhalb der Fehlergrenze.

Tabelle 2

Im einzelnen ist das Ergebnis in Abb. 7 dargestellt. Die Probanden, die mit Lösung Nr. 423 gespült hatten, sind in der Reihenfolge fallender CO_2 -Erzeugung angeordnet. Der durchschnittliche Normwert der Versuche I bis III ist gleich 100 gesetzt, die zugehörige Streuung sowie der durchschnittliche Mittelwert der Versuche IV bis VI und deren Streuung sind in demselben Maßstab eingezeichnet. Die zugrundeliegenden Zahlen sind in den Auswertungsblättern der Probanden zu finden (Anhang 6).

Zur Erläuterung des Diagramms:

- 1.) Die Probanden D 3 und B 11 hatten ihr Spülmittel vorzeitig verbraucht und gaben die dritte Probe einige Tage nach der letzten Spülung ab. Daraus erklären sich die Höhe von Streuung und durchschnittlichem Normwert IV - VI bei D 3.
- 2.) In den meisten Fällen ist - auch unter Berücksichtigung beider Streuungen - eine erhebliche Senkung der Normwerte zu erkennen, vor allem bei den Personen, die von Natur aus einen stark säurebildenden Speichel besitzen (die ersten 10 Probanden des Diagramms). Eine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Höhe des ursprünglichen durchschnittlichen Normwertes und der Intensität der Wirkung ist allerdings nicht feststellbar.
- 3.) Zwischen den Streuungen der ersten und der letzten drei Versuche besteht keinerlei Verbindung.
- 4.) Problematisch sind die Fälle mit sehr starker Streuung: B 8, B 6, A 11, B 4, A 4, von denen die letzten drei auch ohne Spülung sehr niedrige CO_2 -Werte hatten. Trotz deutlicher Erniedrigung der Mittelwerte können hier auch während der Spülungen höhere Normwerte als vorher gemessen

CO₂

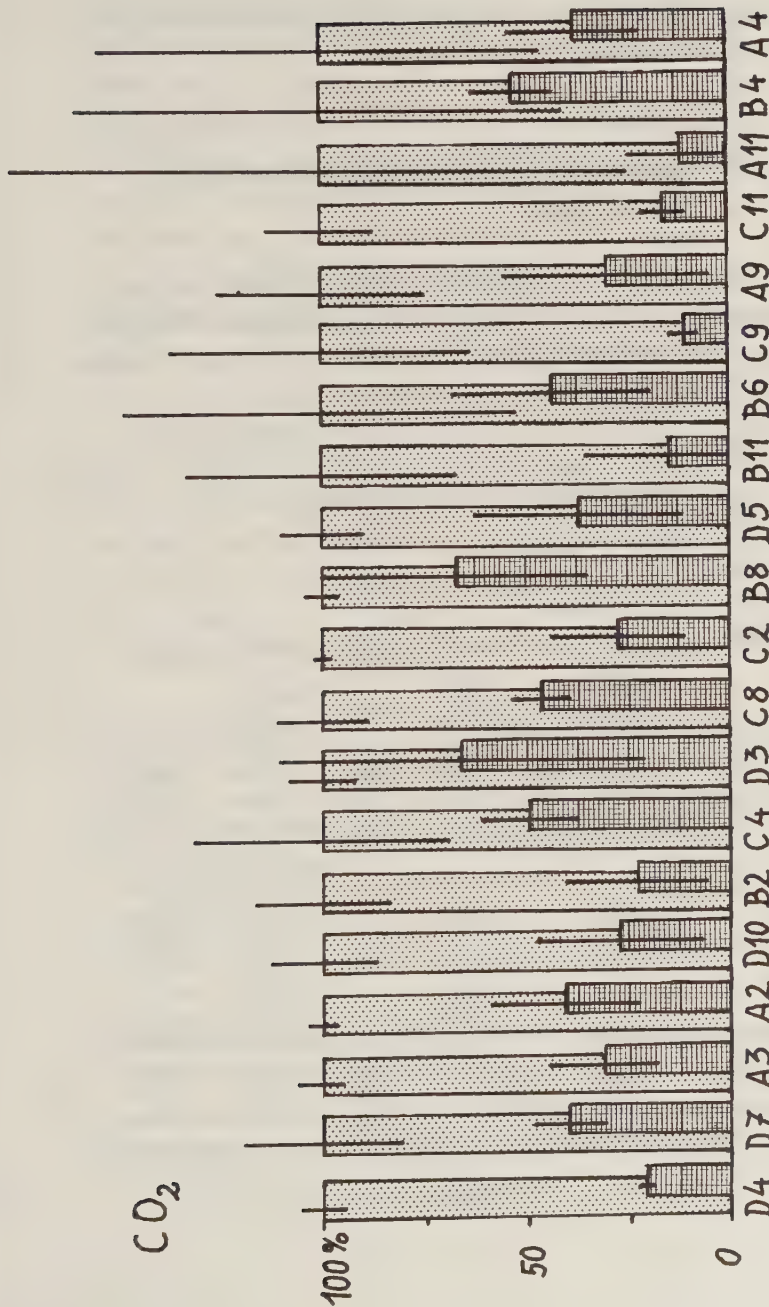


Abb. 7 Blockdiagramme der CO₂-Produktion des Speichelansatzes der Probanden, die mit Chlorhexidin gespült hatten. Die Probanden sind nach fallender Höhe des durchschnittlichen Normwertes I-III geordnet, der als 100% angenommen und als punktierte Säule dargestellt wurde. Der Mittelwert IV-VI während der Spülungen ist kariert eingezeichnet, die Streuungen als Strecken.

werden. Es ist zu vermuten, daß diese Erscheinung durch eine unregelmäßige Zahnpflege bedingt ist.

C. Einfluß von Chlorhexidin-digluconat auf die Speichelatmung

Wie unter IV. B beschrieben, wurde untersucht, ob die Wirkung der Lösung Nr. 423 auf die Speichelatmung sofort eintritt. Das Meßergebnis (Tab. 3) bestätigte die volle Wirksamkeit bereits nach dem ersten Tag der Anwendung.

Tägliche Messung nach Spülbeginn (Nr. 423)							
Proband C 12				Test O ₂			
Nummer	t=30		60	%	120		%
	µl	%	µl		µl	%	
I	41.3		53.5		81.4		
II	25.5		70.5		74.2		
III	28.0		45.0		69.3		
MW I-III	31.6	100	56.3	100	75.0	100	
Streuung	6.9	21.9	10.6	18.8	5.0	6.6	
Nach Spülbeginn :							
I	6.6		12.1		18.7	1 Tag	
II	10.1		7.8		13.5	2 Tage	
III	6.1		12.2		17.0	3 "	
IV	7.7		12.0		13.1	4 "	
V	9.7		13.4		14.6	10 "	
MW I-V	8.0	100	11.5	100	15.4	100	
Streuung	1.6	20.0	1.9	16.7	2.1	13.9	

Tabelle 3

Die Auswertung nach den drei Messungen während der Benutzung des Mittels war überraschend: die Speichelatmung hatte sich, im Gegensatz zur anaeroben Glykolyse, nicht in allen Fällen vermindert, es gab drei Probanden mit erhöhten Mittelwerten. Im Gruppendurchschnitt fiel die O_2 -Produktion auf 62,9 % des durchschnittlichen Normwertes I bis III, den geringsten Wert erzielte der Proband C 11 mit 17,5 %

des durchschnittlichen Normwertes I bis III,
die stärkste Erhöhung trat ein beim Probanden B 4 mit 115 %
des durchschnittlichen Normwertes I bis III.

Das Gesamtergebnis wird in Abb. 8 dargestellt, die der Abb. 7 entspricht, nur sind alle Probanden in der Reihenfolge abnehmender Speichelatmung (bei Abb. 7: anaerober Glykolyse) vor Beginn der Spülungen aufgeführt. Wie man sieht, verändert sich dadurch die Anordnung vollständig.

Bemerkungen zum Diagramm:

- 1.) Die Verhältnisse bei den Probanden D 3 und B 11 gleichen denen bei der CO_2 -Produktion.
- 2.) Eine deutliche Senkung der durchschnittlichen Normwerte ist in sieben Fällen (D 7, B 6, C 2, B 2, C 9, C 11, A 4) festzustellen. Die Höhe des ursprünglichen durchschnittlichen Normwertes spielt dabei gar keine Rolle.
- 3.) Bei drei Probanden ist der durchschnittliche Normwert während der Spülungen höher als vorher, in vier weiteren Fällen sind einzelne Meßwerte höher als der Mittelwert I bis III. Aus dem Testergebnis kann kein Kriterium zur Erklärung dieser Tatsache abgeleitet werden.

- 4.) Die Streuung der Versuche IV-VI ist häufig größer als vor Spülbeginn.
- 5.) Die "Problemfälle" der CO_2 -Produktion (vgl. Kap. IV. B) sind hier nur zum geringeren Teil problematisch. Es gibt also auch in dieser Beziehung keine Verbindung zwischen den beiden Testergebnissen.

Die unterschiedliche Wirkung der Spülungen auf die Glykolyse und die Speichelatmung tritt besonders deutlich hervor, wenn man für jeden Probanden das Verhältnis V folgender Gasvolumina bildet:

$$V = \frac{\text{durchschnittlicher Normwert des } \text{CO}_2\text{-Volumens}}{\text{durchschnittlicher Normwert des } \text{O}_2\text{-Volumens}}$$

Der Gruppendurchschnitt dieser Verhältnisse betrug

$$\begin{aligned} \text{vor Spülbeginn: } \bar{V}_{\text{vor}} &= 3,769 \\ \text{nach Spülbeginn: } \bar{V}_{\text{nach}} &= 1,872 \end{aligned}$$

Die Werte dieser Verhältnisse bei den einzelnen Probanden können der Tab. 4 entnommen werden. Man erkennt, daß bis auf eine Ausnahme die Werte von V gesunken sind, im Falle des Probanden D 4 sogar extrem von 8,46 auf 1,51.

Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse der mit Placebo behandelten Testpersonen (vgl. Tab. 4) :

$$\begin{aligned} \bar{V}_{\text{vor}} &= 3,465 \\ \bar{V}_{\text{nach}} &= 3,432 \end{aligned}$$

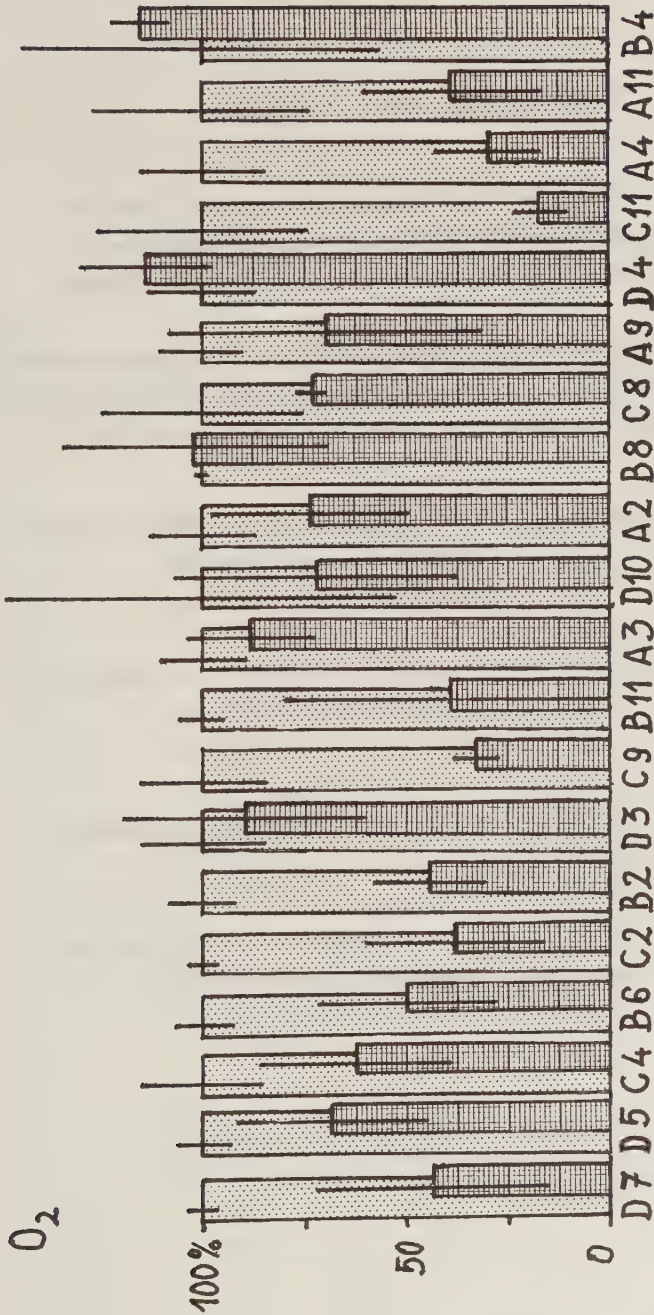


Abb. 6. Blockdiagramme der O_2 -Aufnahme des Speichelansatzes der Probanden, die mit Chlorhexidin gespült hatten. Die Reihenfolge der Probanden ist hier durch die fallende Höhe des durchschnittlichen Normwertes I-III für die Speichelatmung vor Beginn der Spülungen bestimmt und deshalb verschieden gegenüber Abb. 7. Sonst gleiche Darstellung wie in Abb. 7

D. Ergebnisse nach Placebo - Anwendung

Der durchschnittliche Normwert der Versuche I bis III plus/minus Streuung ergibt den Bereich, in dem Meßwerte zu erwarten sind, die keinem besonderen Einfluß unterliegen.

Für die mit der Lösung Nr. 496 behandelten Personen wurde der durchschnittliche Normwert der Tests IV bis VI auf diese Eigenschaft untersucht. Es ergab sich das folgende Bild :

CO₂-Erzeugung: 10 Mittelwerte lagen im Erwartungsbereich
3 Mittelwerte lagen darunter
7 Mittelwerte lagen darüber

O₂-Verbrauch: 12 Mittelwerte lagen im Erwartungsbereich
4 Mittelwerte lagen darunter
4 Mittelwerte lagen darüber

Fazit: keine erkennbare einseitig gerichtete Beeinflussung durch das Placebo.

Auf den konstanten Wert des im Abschnitt C definierten Verhältnisses V (vgl. Tab. 4) wurde bereits hingewiesen.

Werte des Verhältnisses $V = \frac{\text{durchschnittlicher Normwert des CO}_2\text{-Volumens}}{\text{durchschnittlicher Normwert des O}_2\text{-Volumens}}$

vor und nach Beginn der Spülungen mit

Chlorhexidin

Proband	Chlorhexidin			Placebo	
	vorher	nachher		vorher	nachher
A 2	4,93	2,72	einzigste Ausnahme!	A 5	4,43
A 3	4,86	1,70		A 6	4,15
A 4	1,67	2,16		A 7	3,00
A 9	3,05	1,31		A 8	4,28
A 11	3,05	0,92		A 10	2,87
B 2	3,52	1,83		B 3	2,70
B 4	2,62	1,16		B 5	2,47
B 6	2,74	2,43		B 7	4,67
B 8	3,79	2,45		B 9	3,92
B 11	3,09	1,16		B 10	1,77
C 2	3,04	2,21		C 3	3,36
C 4	3,01	1,80		C 5	5,23
C 8	4,00	2,52		C 6	1,95
C 9	2,83	0,92		C 7	4,85
C 11	2,63	2,33		C 12	1,54
D 3	3,45	2,56		D 2	4,30
D 4	8,46	1,51		D 6	2,48
D 5	2,47	1,33		D 8	3,31
D 7	3,21	2,92		D 9	4,13
D 10	4,03	1,50		D 11	3,88
Mittelwert:	3,769	1,872		Mittelwert:	3,465
					3,432

V. Diskussion

=====

In den Versuchen wurde der durch Glucosezusatz gesteigerte Stoffwechsel des Speichels gemessen. Dabei handelt es sich um Vorgänge, die an die vorhandenen Mikroorganismen gekoppelt sind. Jede Änderung der Atmung oder Glykolyse läßt zunächst vermuten, daß sich entweder die biochemischen Reaktionen der Umsetzung oder die Mundflora selbst nach Anzahl oder/und Zusammensetzung verändert haben.

Die sehr unterschiedlichen Stoffwechselleistungen des Speichels verschiedener Personen sind seit Jahrzehnten bekannt, vgl. z.B. BRAMSTEDT und VONDERLINN (5). Insofern stellen die Ergebnisse der Reihenuntersuchung vor Beginn der Spülungen nur eine Bestätigung bekannter Tatsachen dar. Es darf jedoch daran erinnert werden, daß hier - im Gegensatz zu den oben erwähnten Versuchen - nicht allein die O_2 -Aufnahme, sondern auch die Glykolyse, und zwar nach Substratangebot, gemessen wurde. Die vom Speichel verschiedener Personen in 60 min erzeugten CO_2 -Mengen sind nicht nur größer als die entsprechenden Sauerstoffvolumina, sondern unterliegen auch weitaus stärkeren Schwankungen. Das gleiche gilt, wenn man jeden Probanden für sich betrachtet. Nur zwei von vierzig Testpersonen konnten praktisch konstante Werte aufweisen, bei 25 betrug die Streuung der Speichelatmung mehr als 10 % und bei 21 Probanden streuten die Normwerte der CO_2 -Produktion sogar um mehr als 20 %.

Hier ist ein Vergleich mit den Befunden von SCHIÖTT et al. (62) angebracht. Diese Forschungsgruppe hatte mit Hilfe von Züchtungen auf Nährböden die Bakterienzahlen pro ml Speichel ermittelt. In der Kontrollgruppe, die keinerlei Mundhygiene

betrieb, veränderten sich innerhalb von 22 Tagen die Gesamtzahlen der Mundbakterien, aber auch das Verhältnis zwischen Anaerobiern und Aerobiern völlig regellos von etwa 5:1 bis 1:4 (vgl. Tabelle I der zitierten Arbeit). Es ist leicht einzusehen, daß derartig gravierende Unterschiede in der Zusammensetzung der Mundflora ihre Stoffwechselleistungen erheblich beeinflussen müssen. Eine weitere Ursache für den variablen Umsatz bei unserer Testreihe könnte auch in einer (z.B. durch Forcierung der Drüsensekretion) unsachgemäßen Speichelgewinnung liegen, die bekanntlich nicht überwacht wurde. Unter diesen Umständen wird die starke Streuung der Meßwerte verständlich, die in den meisten Fällen weit außerhalb der Fehlergrenzen des Verfahrens liegt.

Die Verringerung des durchschnittlichen CO_2 -Normwertes nach zwei 0,1 %igen Chlorhexidinspülungen täglich auf 33,9 % des Anfangswertes (im Gruppendurchschnitt) scheint nach dem oben Gesagten auf eine Reduzierung der anaeroben und fakultativ anaeroben Bakterien hinzuweisen. Zur Unterstützung dieser Vermutung sollen einige Versuchsergebnisse von SCHIÖTT angeführt werden:

So wird berichtet, daß nach zweimaliger Spülung mit 0,2 %iger Chlorhexidinlösung die Gesamtzahl der Bakterien auf 10-15 % des Anfangswertes sank (62). Nach SCHIÖTT (64) und SCHIÖTT, BRINER und LÖE (65) verminderte sich in einem Langzeitversuch die Bakterienzahl nach täglich einmaliger Spülung mit 0,2 %igem Chlorhexidin auf 50 - 70 %.

Das Ergebnis unserer Reihenuntersuchung paßt gut in den Rahmen der genannten Vergleichsdaten, obwohl es mit einer anderen Methode gefunden wurde. Dies spricht gegen die Hypothese des gehemmten Stoffwechselgeschehens und für die Verminderung der Glykolyse als Folge einer Bakterienreduktion.

Auch das von uns festgestellte Absinken der Speichelatmung im Gruppendurchschnitt auf 62,9 % des Anfangswertes entspricht etwa den genannten Ergebnissen von SCHIÖTT. In einem Diagramm der mehrfach zitierten Arbeit (62) ist darüber hinaus zu erkennen, daß die Zahl der aeroben Mikroorganismen im allgemeinen weniger stark reduziert wird als die der anaeroben, nur ist diese Tatsache bei den genannten Durchschnittswerten für die Gesamtzahl der Bakterien nicht mehr zu erkennen.

In diesem Fall ist die von uns angewendete Methode überlegen; sie spricht nicht nur für eine geringere Reduktion der aeroben Flora, sondern zeigt auch starke individuelle Unterschiede auf: neben einer Verminderung der Speichelatmung in einem Falle bis auf 17,5 % war in einem anderen eine Erhöhung auf 115 % zu beobachten, bezogen auf den durchschnittlichen Anfangsnormwert. An diesem Beispiel wird besonders deutlich, wie unterschiedlich das einzelne Individuum auf die gleiche Maßnahme reagiert.

SCHIÖTT vertritt die Meinung (64), die Änderung der Mundflora nach längerem Chlorhexidin-Gebrauch sei nicht so groß, daß weitere Langzeitversuche unterbleiben müßten. Bei der nur vierwöchigen Dauer unserer Spülungen ist eine fundierte Stellungnahme dazu nicht möglich, die Messungen zeigen jedoch, daß sich der zelluläre Glucoseumsatz während dieser Zeit in 19 von 20 Fällen teilweise erheblich zugunsten der Speichelatmung verschoben hat (vgl. Abschnitt IV.C, Tab. 4). In annähernd gleichem Maße könnte sich, den Beobachtungen von SCHIÖTT (62) folgend, auch das Verhältnis zwischen anaeroben und aeroben Bakterien geändert haben. Eine Aussage über das Schicksal der fakultativ anaeroben bzw. aeroben Bakterien ist aufgrund unserer Versuchsbedingungen nicht möglich. Weitere Forschungen könnten durch gleichzeitige Nutzung manometrischer und bakteriologischer Methoden zu vertieften Erkenntnissen

führen, die sowohl Gesetzmäßigkeiten zwischen dem aktivierten Speichelstoffwechsel und der Anzahl der Mikroorganismen als auch das Verhalten aerober Bakterien unter Chlorhexidineinfluß betreffen.

VI. Zusammenfassung

=====

In einem siebenwöchigen Doppelblindversuch wurden der durch Glucosezusatz aktivierte Speichelstoffwechsel und seine Änderung nach Spülungen mit 0,1 %igem Chlorhexidin-digluconat mit Hilfe der Warburg-Methode gemessen. Vierzig Studenten lieferten bei unveränderter Mundhygiene in Abständen von je einer Woche Nüchternspeichel ab.

I. Aus den ersten drei Proben jedes Teilnehmers wurden Durchschnittswerte für die in 60 min verbrauchte Sauerstoffmenge und für das erzeugte CO_2 -Volumen errechnet (sog. Normwerte, bezogen auf 1 ml Speichel). Die Auswertung hatte folgende Ergebnisse:

1. Der Speichelstoffwechsel der meisten Probanden ist unter den Bedingungen unüberwachter Speichelentnahme starken Schwankungen unterworfen.
2. Die Streuung der Meßwerte für Atmung und Glykolyse weisen in etwa 50 % aller Fälle keine Korrelation auf.
3. CO_2 -Werte über 200 $\mu\text{l}/\text{Std}$ entsprechen im allgemeinen O_2 -Werten über 50 $\mu\text{l}/\text{Std}$.

4. Die Streuung der O_2 -Normwerte liegt in 25 Fällen über 10 %, die der CO_2 -Normwerte von 21 Personen über 20 %.
5. Die Zusammensetzung der Mundflora hat sich demnach bei der Mehrzahl der Probanden im Beobachtungszeitraum geändert.

II. Nach Ausgabe der Lösungen führten die Testpersonen 2 x täglich nach Frühstück bzw. Abendessen Mundspülungen ohne Überwachung durch. Nach einer, zwei und vier Wochen wurden Proben von Nüchternspeichel untersucht. Zusammenfassend kann festgestellt werden:

1. Die Stoffwechselleistungen der Speichelbakterien verändern sich unter Chlorhexidineinfluß erheblich.
2. Es besteht keine Beziehung zwischen der Höhe des ursprünglichen Normwertes und der Größe der Veränderung.
3. Die volle Wirksamkeit tritt mit der ersten Anwendung auf, in den folgenden zehn Tagen streuen die Meßwerte ohne erkennbare Tendenz.
4. Die erzeugte CO_2 -Menge verringert sich im Gruppenschnitt auf 33,9 % des Anfangswertes, wobei die Werte der einzelnen Probanden zwischen 10,5 % bis 66,7 % des durchschnittlichen Normwertes vor Spülbeginn schwanken. Zwischen den Streuungen vor und nach Spülbeginn gibt es keine Beziehung.
5. Der Sauerstoffverbrauch verringert sich im Gruppenschnitt auf 62,9 % des Anfangswertes. Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der einzelnen Probanden sind erheblich: einer Senkung auf 17,5 % (niedrigster Wert)

steht auch eine Steigerung bis auf 115 % gegenüber. Die Streuungen während der Spülungen sind häufig größer als vorher.

6. Chlorhexidin verändert den Speichelstoffwechsel zugunsten der Atmung. Es scheint anaerobe Bakterien stärker zu beeinflussen als aerobe.

VII. Schrifttum

=====

1. BERGENHOLTZ, A. und HÄNSTRÖM, L. : The plaque-inhibiting effect of hexitidine (Oraldene)-mouthwash compared to that of chlorhexidine
Community Dent. Oral Epidemiol. 2, 70 (1974)
2. BONESVOLL, P., LÖKKEN P., RÖLLA G., PAUS P.N. :
Retention of chlorhexidine in the human oral cavity after mouth rinses
Arch. oral Biol. 19, 209 (1974)
3. BONESVOLL P., LÖKKEN P., RÖLLA G. : Influence of concentration, time, temperature and pH on the retention of chlorhexidine in the human oral cavity after mouth rinses
Arch. oral Biol. 19, 1025 (1974)
4. BONESVOLL P., HANSEN F., GJERMO P., RÖLLA G. :
Retention, plaque inhibition and staining using 0,05 % chlorhexidine mouth rinses
I.A.D.R. Program and abstracts of papers 473 (1975)
5. BRAMSTEDT F. und VONDERLINN R. : Biochemische Speicheluntersuchungen II.
Zahnärztl. Welt 7, 505 (1952)
6. BRAMSTEDT F., KRÖNCKE A., NAUJOKS R., VONDERLINN R. :
Biochemische Speicheluntersuchungen VI.
Dtsche zahnärztl. Z. 9, 782 (1954)

7. BURNETT G.W. : The respiration rate of human saliva
J. dent. Res. 31, 468 (1952)
8. BURNETT G.W. : The effect of carbohydrates and inhibitors
on the respiration rate of human saliva
J. dent. Res. 32, 640 (1953)
9. BURNETT G.W. : Studies of the respiration of the microbial
flora of human saliva
J. dent. Res. 33, 469 (1954)
10. CANCRO L.P., PAULOVICH D.B., KLEIN K., PICOZZI A. :
Effects of a chlorhexidine gluconate mouthrinse on dental
plaque and calculus
J. Periodontol. 43, 687 (1972)
11. CHRISTENSEN F. und JENSEN J.E. : The effect of chlorhexi-
dine on some biochemical parameters of rat liver microsomes
Acta pharmacol. toxicol. 35, 33 (1974)
12. CHRISTENSEN F., BLEEG H.S., JENSEN J.E. : The effect of
chlorhexidine on some biochemical parameters of rat liver
mitochondria
Acta pharmacol. toxicol. 36, 1 (1975)
13. DAVIES R.M., JENSEN S.B., SCHIÖTT C.R., LÖE H. :
The effect of topical application of chlorhexidine on the
bacterial colonization of the teeth and gingiva
J. periodont. Res. 5, 96 (1970)
14. DAVIES R.M., SCHIÖTT C.R., LÖE H. : Streptococci isolated
from plaque in subjects rinsing with chlorhexidine
Arch. oral Biol. 18, 297 (1973)

15. DAVIES R.M., HULL P.S. : Plaque inhibition and distribution of chlorhexidine in Beagle dogs
J. periodont. Res. 8, suppl. 12, 22 (1973)
16. DAVIES A. : The mode of action of chlorhexidine
J. periodont. Res. 8, suppl. 12, 68 (1973)
17. EGGERS-LURA H. : Untersuchungen über den aeroben und anaeroben Abbau der Kohlehydrate im Speichel
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 21, 97 (1954)
18. EMILSON C.G., ERICSON TH., HEYDEN G., LILJA J. :
Effect of chlorhexidine on human oral streptococci
J. periodont. Res. 7, 189 (1972)
19. FISHER R.G., QUINTANA R.P., BOULWARE M.A. :
Surface-chemical studies on chlorhexidine and related compounds I
J. dent. Res. 54, 20 (1975)
20. FISHER R.G., QUINTANA R.P. : Surface - chemical studies on chlorhexidine and related compounds II
J. dent. Res. 54, 25 (1975)
21. FLÖTRA L., GJERMO P., RÖLLA G., WAERHAUG J. :
Side effects of chlorhexidine mouth washes
Scand. J. dent. Res. 79, 119 (1971)
22. FLÖTRA L., GJERMO P., RÖLLA G., WAERHAUG J. :
A 4-month study on the effect of chlorhexidine mouthwashes on 50 soldiers
Scand. J. dent. Res. 80, 10 (1972)

23. FLÖTRA L.: Different modes of chlorhexidine application and related local side effects
J. periodont. Res. 8, suppl. 12 (1973)
24. GJERMO P., BAASTAD K.L., RÖLLA G. : The plaque-inhibiting capacity of 11 antibacterial compounds
J. periodont. Res. 5, 102 (1970)
25. GJERMO P. : Chlorhexidine in dental practice
J. clin. Periodont. 1, 143 (1974)
26. GJERMO P., ERIKSEN H.M. : Unchanged plaque inhibiting effect of chlorhexidine in human subjects after two years of continuous use
Arch. oral Biol. 19, 317 (1974)
27. GJERMO P., BONESVOLL P., RÖLLA G. : Relationship between plaque-inhibiting effect and retention of chlorhexidine in the human oral cavity
Arch. oral Biol. 19, 1031 (1974)
28. GJERMO P. : Drug dynamics and oral soft tissues
J. dent. Res. 54, Spec. No. B 48 (1975)
29. GJERMO P., BONESVOLL P., HJELJORD L.G., RÖLLA G. : Influence of variation of pH of chlorhexidine mouth rinses on oral retention and plaque-inhibiting effect
Caries Res. 9, 74 (1975)
30. HAUGEN E., JOHANSEN J.R. : Penetration of the oral mucosa of Guinea pigs by chlorhexidine
J. dent. Res. 53, 1105 (1974)

31. HENNESSEY T.D.: Some antibacterial properties of chlorhexidine
J. periodont. Res. 8, suppl. 12, 61 (1973)
32. HJELJORD L.G., BONESVOLL P., GJERMO P., RÖLLA G. :
Further studies on the mechanism of plaque inhibition by chlorhexidine
Helv. odont. Acta 17 (1973)
33. HJELJORD L.G., RÖLLA G., BONESVOLL P. :
Chlorhexidin-protein interactions
J. periodont. Res. 8, suppl. 12, 11 (1973)
34. JENSEN, CHRISTENSEN: A study of the elimination of chlorhexidine from the oral cavity using a new spectrophotometric method
J. periodont. Res. 6, (1971)
35. JOHNSON N.W., KENNEY E.B. : Effects of topical application of chlorhexidine on plaque and gingivitis in monkeys
J. periodont. Res. 7, 180 (1972)
36. KALOWSKI M. et al.: Sensitivity of streptococci producing extracellular mucopolysaccharides from saccharose to the action of chlorhexidine gluconate
Czasopismo Stomatologiczne 28, 687 (1975)
37. KOBYLANSKA M. et al.: Bacteriological and cytological studies following use of chlorhexidine
Czasopismo Stomatologiczne 27, 769 (1974)
38. KOELLE O.: Manometrie
B. Braun Apparatebau Melsungen

39. KORNMAN K.S., CLARK W.B., KREITZMAN S.N. :
The effects of chlorhexidine gluconate on the adherence
of streptococcus mutans to hydroxyapatite
J. periodont. Res. suppl. 10, 33 (1972)

40. KÖNIG K.G.: Karies und Kariesprophylaxe
Wilhelm Goldmann, München 1973

41. KRÖNCKE A.: Freie Zucker im menschlichen Nüchtern-
speichel und deren Beziehungen zur Zahnkaries
Habil.Schr., Hamburg 1956

- 41.a KRÖNCKE A., NAUJOKS A.u.R.: Biochemische Speichel-
untersuchungen V
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 565 (1954)

42. LAMMERS TH.: Bakteriologische Studien über die Mund-
flora und Mundhygiene
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 18, 378 (1953)

43. LANGSLET A., OLSEN I., LIE S.O., LÖKKEN P. :
Chlorhexidine treatment of oral candidiasis in
seriously diseased children
Acta Paediatr. Scand. 63, 809 (1974)

44. LINDHE J., HEYDEN G., SVANBERG G., LÖE H., SCHIÖTT C.R. :
Effect of local applications of chlorhexidine on the
oral mucosa of the hamster
J. periodont. Res. 5, 177 (1970)

45. LÖE H., SCHIÖTT C.R. : The effect of mouthrinses and
topical application of chlorhexidine on the development
of dental plaque and gingivitis in man
J. periodont. Res. 5, 79 (1970)

46. LÖE H., MANDELL M., DERRY A., SCHIÖTT C.R.:
The effect of mouthrinses and topical application of
chlorhexidine on calculus formation in man
J. periodont. Res. 6, 312 (1971)
47. LÖE H.: Does chlorhexidine have a place in the
prophylaxis of dental diseases ?
J. periodont. Res. 8, suppl. 12, 93 (1973)
48. LÖE H.: Plaque control in periodontal disease
J. Amer. dent. Ass. 87, 1034 (1973)
49. LUOMA H.: The effects of chlorhexidine and fluoride
combinations on the potassium, sodium and phosphorus
content and acid production of cariogenic streptococci
Arch. oral Biol. 17 (1972)
50. LUOMA H.: Participation of phosphate of bacterial
origin in the phosphate exchange and rehardening of
the enamel and the modifications by fluoride, chlor-
hexidine and propanol
Caries Res. 9, 211 (1975)
51. MIKKELSEN, JENSEN, SCHIÖTT, LÖE: Studies on human
plaque-streptococci after two years of oral chlor-
hexidine hygiene
J. dent. Res. 52, Scand. Div. I.A.D.R. Abstracts of
papers No. 23
52. MÜHLEMANN H.R.: Chlorhexidine, Vantocil, Fluorophene
and antimycotic agents in an animal caries test
Helv. odont. Acta 17, 99 (1973)
53. NAUJOKS R., KRÖNCKE A.: Die Sauerstoff-Aufnahme des
Speichels bei Zahn- und Mundkrankheiten
Dtsch. zahnärztl. Z. 12 (1954)

54. NEUWIRTH I., SUMMERSON W.H.: The production of acids from glucose by oral microorganisms: lactic and pyruvic acids
J. dent. Res. 30, 100 (1951)
55. OCHSENBEIN H.: Chlorhexidin in der oralen Präventivmedizin - aktueller Stand der Forschung
Acta Parodontologica in Schweiz.Mschr.Zahnheilk.
Teil I: 83, 113/1 - 122/10 (1973)
Teil II: 83, 819/109 - 827/117 (1973)
Teil III: 84, 459/53 - 468/62 (1974)
56. OLIVER R.C., EGELBERG J.: The effect of topical application of chlorhexidine on subgingival microbial colonization
J. periodont. Res. suppl. 10, 8 (1972)
57. QUINTANA R.P., FISHER R.G., LASSLO A.: Surface-active factors in the efficacy of chlorhexidine against plaque
J. dent. Res. 51, 1687 (1972)
58. RÖLLA G., LÖE H., SCHIÖTT C.R.: The affinity of chlorhexidine for hydroxyapatite and salivary mucins
J. periodont. Res. 5, 90 (1970)
59. RÖLLA G., LÖE H., SCHIÖTT C.R.: Affinity of chlorhexidine to hydroxyapatite and to salivary mucins
Caries Res. 5, 23 (1971)
60. RÖLLA G., LÖE H., SCHIÖTT C.R.: Retention of chlorhexidine in the human oral cavity
Arch. oral Biol. 16, 1109 (1971)

61. RÖLLA G., MELSEN B.: On the mechanism of the plaque inhibition by chlorhexidine
J. dent. Res. 54, Spec. No. B. 57 (1975)
62. SCHIÖTT C.R., LÖE H., JENSEN S.B., KILIAN M., DAVIES R.M., GLAVIND K.: The effect of chlorhexidine mouthrinses on the human oral flora
J. periodont. Res. 5, 84 (1970)
63. SCHIÖTT C.R., LÖE H.: The sensitivity of oral streptococci to chlorhexidine
J. periodont. Res. 7, 192 (1972)
64. SCHIÖTT C.R.: Effect of chlorhexidine on the microflora of the oral cavity
J. periodont. Res. 8, suppl. 12, 7 (1973)
65. SCHIÖTT C.R., BRINER W.W., LÖE H.: Two year oral use of chlorhexidine in man II
J. periodont. Res. 11, 145 (1976)
66. STICKLER D.J.: Chlorhexidine resistance in *Proteus mirabilis*
J. clin. Path. 27, 284 (1974)
67. TULLAR P.E.: Acid formation in human saliva
J. dent. Res. 32, 688 (1953)
68. TURESKY S., GLICKMAN I., WARNER V.D., MIRTH D.B.: In vitro plaque inhibition by chlorhexidine gluconate and homologues - effect of pH and pretreatment
J. Periodontol. 44, 709 (1973)
69. UMBREIT W.W., BURRIS R.H., STAUFFER J.F.: Manometric techniques
Burgess Publishing Comp. Minneapolis (1964)
4th ed.

70. WINKLMAIR M.: Mikrobiologische Untersuchungen über das Verhalten der Mundflora unter dem chlorhexidinhaltigen Mundwasser BA 143a
Zahnärztl. Welt / Reform 84, 14 (1975)
71. WINROW M.J.: Metabolic studies with radiolabelled chlorhexidine in animals and man
J. periodont. Res. 8, suppl. 12, 45 (1973)

VIII Anhang
=====

1. Anweisung für die Reihenuntersuchung	56
2. Berechnung und Auswertung durch die EDVA	58
3. Versuchsprotokoll	60
4. Ergebnisblatt	61
5. Erläuterung eines Auswertungsblattes	62
6. Auswertungsblätter aller Probanden	64
7. Verhältnisse der durchschnittlichen Normwerte	144

Anhang 1

Anweisung für die Reihenuntersuchung

- 1.) Führen Sie während der ganzen Untersuchung Ihre Zahnpflege unverändert in der gewohnten Weise durch !

- 2.) Abgabe des Nüchternspeichels:

HALTEN SIE UNBEDINGT DIE TERMINE EIN !

Lassen Sie morgens vor dem Frühstück und vor dem Zähneputzen (während der Spülungen auch vor der Spülung) den Speichel, der sich im Mund sammelt, in das Reagenzglas fließen. Saugen Sie nicht gewollt Speichel aus den Drüsen, das verfälscht die Versuchsergebnisse.

Das Reagenzglas muß bis zum unteren Rand des Etiketts gefüllt sein.

Reagenzgläser sind steril ! Deshalb nur vor der Speichelabgabe öffnen und danach wieder schließen.

Bringen Sie die Speichelproben bis spätestens 8.30 Uhr zum Pförtner der Zahnklinik.

- 3.) Spülungen

Vom Tag der ersten Spülung an - laut Terminplan - führen Sie morgens nach der eventuellen Speichelabgabe, nach dem Frühstück und nach der gewohnten Zahnpflege und außerdem abends kurz vor dem Schlafengehen folgende Spülung durch:

Mit einem Eßlöffel (= 15 ml) unverdünnter Lösung wird 20 - 30 sec lang der Mund kräftig gespült, wobei die Flüssigkeit mehrfach durch die Zahnzwischenräume gezogen wird. Ausspucken. Das gleiche wiederholen Sie mit einem zweiten Eßlöffel unverdünnter Lösung (morgens und abends).

Müssen Sie an einem solchen Tag eine Speichelprobe abgeben, dann sammeln Sie den Speichel vor Frühstück, Zähneputzen und Spülen ! Eine Flasche mit 250 ml Lösung muß für vier Tage reichen, insgesamt wird vier Wochen lang gespült.

Schließen Sie bitte die Flasche sofort nach Gebrauch !

Vergessen Sie nicht, auch an den Wochenenden, an denen Sie wegfahren, die Spülungen durchzuführen !

- 4.) In einzelnen Fällen kann eine leicht gelbliche Verfärbung der Zähne auftreten. Sie verschwindet ca. eine Woche nach Ende der Spülungen durch normales Zähneputzen.

Anhang 2

Berechnung und Auswertung durch die EDVA

Im Labor werden nur die Nummern der verwendeten Gefäße und Manometer eingetragen, ihre Volumina in μl werden bei Beginn der Rechnungen eingesetzt und anschließend dem Computer eingegeben, der die Gefäßkonstante k nach der Formel IIA bzw. IIB berechnet und ausdruckt. Werden stets die gleichen Kombinationen von Manometern und Reaktionsgefäßen verwendet, kann die einmal berechnete Gefäßkonstante immer wieder benutzt werden, was die Auswertung weiter beschleunigt.

Die Berechnung der korrigierten manometrischen Differenz erfolgt nach Eingabe der abgelesenen Thermobarometer- und Manometerwerte. Während des Versuchs selbst werden also nur die Meßwerte abgelesen und eingetragen. Die Berechnung und der Ausdruck der Ergebnisse erfolgt durch den Rechner.

Das O_2 -Protokoll vom 6.7. hat folgende Eintragungen (vgl. Anhang 3):

	Gefäß Nr.	Manom.Nr.	Höhe h_t zur Zeit $t =$			
			0	30'	60'	120'
Thermobar.			200	203	206	211
Proband 2:	$V_R = 13654$	$V_M = 1357$	200	167	138	96

Nach Eingabe der Meßwerte des Thermobarometers, der Volumina V_R und V_M sowie der abgelesenen Manometerwerte berechnet die EDVA - ohne die Zahlen auszudrucken:

Thermobar. Differenz

$\Delta b = b_t - b_o :$	0	3	6	11
--------------------------	---	---	---	----

Manometr. Differenz

$\Delta h = h_t - h_o :$	0	-33	-62	-104
--------------------------	---	-----	-----	------

Korrigierte Manometerdifferenz

$h = \Delta h - \Delta b :$	0	-36	-68	-115
-----------------------------	---	-----	-----	------

Anschließend druckt sie die berechnete Gefäßkonstante und ihr Produkt mit h aus: k

	1.095	0,0	-39,4	-74,5	-125,9
--	-------	-----	-------	-------	--------

(Vgl. Anhang 4). Diese Werte erscheinen - ohne Minuszeichen - auch im Auswertungsblatt des Probanden A 2 unter Test Nummer V. (Vgl. Anhang 5 !).

Versuchsprotokoll

Anhang 3

Datum

6.7.76

O₂ oder CO₂

O₂

Gruppe A...D

Test Nr. I...VI

A VI

	App. Nr.	Gefäß Nr.	Manom. Nr.	Höhe h _t zur Zeit t =			
				0'	30'	60'	120'
Thermobar.	1	321	460	200	203	206	211
Probanden:	2	13654 216	1357 583	205	167	138	96
✓	3	13158 639	1397 425	189	163	125	97
✓	4	14345 288	1342 359	199	189	200	188
✓	5	14469 255	1350 454	200	179	169	147
✓	6	14088 176	1392 702	200	147	142	146
✓	7	14547 390	1403 744	199	162	135	110
✓	8	14127 440	1383 480	202	159	134	124
✓	9	13523 341	1424 369	200	185	174	155
✓	10	14885 471	1426 262	201	165	135	124
✓	11	13809 679	1439 874	126	115	133	189
* C 12	12	13979 74	1690 252	168	155	133	192
Bemerkungen	13	13127	1357	183	152	125	113

Anhang 4

Ergebnisse

02-Aufn.		Gruppe A		Test 6	
1	Thermobar.	200	203	206	211
	k				
2	<u>1.095</u>	<u>0.0</u>	<u>-39.4</u>	<u>-74.5</u>	<u>-125.9</u>
3	<u>1.055</u>	<u>0.0</u>	<u>-41.1</u>	<u>-84.4</u>	<u>-119.2</u>
4	<u>1.208</u>	<u>0.0</u>	<u>-3.6</u>	<u>-6.0</u>	<u>-14.5</u>
5	<u>1.170</u>	<u>0.0</u>	<u>-28.1</u>	<u>-43.3</u>	<u>-74.9</u>
6	<u>1.137</u>	<u>0.0</u>	<u>-63.7</u>	<u>-72.8</u>	<u>-73.9</u>
7	<u>1.178</u>	<u>0.0</u>	<u>-47.1</u>	<u>-82.5</u>	<u>-117.8</u>
8	<u>1.139</u>	<u>0.0</u>	<u>-62.6</u>	<u>-84.3</u>	<u>-101.4</u>
9	<u>1.090</u>	<u>0.0</u>	<u>-19.6</u>	<u>-34.9</u>	<u>-61.0</u>
10	<u>1.210</u>	<u>0.0</u>	<u>-47.2</u>	<u>-87.1</u>	<u>-106.5</u>
11	<u>1.121</u>	<u>0.0</u>	<u>-4.5</u>	<u>-10.1</u>	<u>-20.2</u>
12					

Die Meßergebnisse der Zeilen 12 und 13 aus dem Versuchsprotokoll, Anhang 3, sind (da es sich um Nachholtermine handelt) in der jeweils zutreffenden Gruppe nachgetragen.

Anhang 5

Auswertung

423

Proband A2

Test O₂

		t=30		60		120	
Nummer		µl	%	µl	%	µl	%
Zeile A	I	65.7		77.8		76.7	
B	II	61.3		81.1		83.2	
C	III	53.7		59.1		82.1	
D	MW I-III	60.2	100	72.7	100	80.7	100
E	Streuung	5.0	8.2	9.7	13.3	2.8	3.5
F	IV	15.3	25.4	30.7	42.2	75.6	93.7
G	V	<u>39.4</u>	65.4	<u>74.5</u>	102.5	<u>125.9</u>	156.1
H	VI	29.6	49.1	53.7	73.9	87.6	108.6
I	MW IV-VI	28.1	46.7	53.0	72.9	96.4	119.5
J	Streuung	9.9	16.4	17.9	24.6	21.5	26.6
K	MW I-VI	44.2	73.3	62.8	86.4	88.5	109.7
L	Streuung	17.9	29.7	17.4	24.0	17.2	21.3
Spalte		1	2	3	4	5	6

Nachdem der Rechner die Meßwerte der ersten drei Versuche gespeichert und in den Zeilen A, B, C ausgedruckt hat, berechnet er in den Spalten 1, 3, 5 der Zeile D die zugehörigen Mittelwerte (Normwert in Spalte 3 !).

Zur Kennzeichnung der Schwankungen der einzelnen Meßergebnisse wurde ihre Streuung berechnet :

$$S = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (m - x_i)^2}$$

m = Mittelwert aus Zeile D

x_i = Gasvolumen in μl beim i-ten Versuch (Zeile A - C)

Die Streuung S ist in der Zeile E angegeben, u.zw. in μl (Spalten 1, 3, 5) und in Prozenten des zugehörigen Mittelwertes (Spalten 2, 4, 6).

In den Zeilen F, G, H werden die Meßergebnisse der Versuche IV-VI ausgedruckt, dazu jeweils ihr Prozentwert, bezogen auf den zugehörigen Durchschnitt in Zeile D (Spalten 2, 4, 6). Dadurch kann jede Änderung leicht erkannt werden. Die Mittelwerte der Versuche IV-VI findet man in der Zeile I, u.zw. in μl und in Prozenten des Durchschnitts aus Zeile D. Die Streuungen dieser Meßergebnisse sind in den Spalten 1, 3, 5 der Zeile J in μl angegeben, in den Spalten 2, 4, 6 jedoch in Prozenten des Mittelwertes aus Zeile D, damit in graphischen Darstellungen alle Größen im gleichen Maßstab eingezeichnet werden können. Das erleichtert den Vergleich zwischen den verschiedenen Probanden (vgl. Abb. 7 und 8 !).

Zeilen K und L: die Berechnungen entsprechen den unter I, J beschriebenen. Sie waren für Testpersonen bestimmt, die mit Placebo spülten und bei denen mit keiner Veränderung der Meßwerte gerechnet worden war. Die Ergebnisse haben diese Erwartung nicht voll erfüllt.

Anmerkung: Zur Beschleunigung der Eingabe von Meßwerten wurde das Minuszeichen weggelassen. Wenn also in einem Auswertungsblatt für O_2 ein negatives Vorzeichen auftritt, bedeutet es das Gegenteil von Verbrauch, also die Entstehung eines Gases.

423

Auswertung

Proband A2

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	170.5		339.8		506.9	
II	182.8		355.5		521.5	
III	267.9		372.2		456.2	
MW I-III	207.1	100	355.8	100	494.9	100
Streuung	43.3	20.9	13.2	3.7	28.0	5.7
IV	31.4	15.2	104.3	29.3	254.5	51.4
V	113.2	54.7	236.5	66.5	303.8	61.4
VI	23.5	11.3	93.0	26.1	310.5	62.7
MW IV-VI	56.0	27.1	144.6	40.6	289.6	58.5
Streuung	40.6	19.6	65.1	18.3	25.0	5.0
MW I-VI	131.6	63.5	250.2	70.3	392.2	79.3
Streuung	86.4	41.7	115.6	32.5	106.0	21.4

Anhang 6

Auswertungsblätter aller Probanden
in der Reihenfolge A 2 bis D 11

CO₂ / O₂

423

Auswertung

Proband A2

Test O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	65.7		77.8		76.7	
II	61.3		81.1		83.2	
III	53.7		59.1		82.1	
MW I-III	60.2	100	72.7	100	80.7	100
Streuung	5.0	8.2	9.7	13.3	2.8	3.5
IV	15.3	25.4	30.7	42.2	75.6	93.7
V	39.4	65.4	74.5	102.5	125.9	156.1
VI	29.6	49.1	53.7	73.9	87.6	108.6
MW IV-VI	28.1	46.7	53.0	72.9	96.4	119.5
Streuung	9.9	16.4	17.9	24.6	21.5	26.6
MW I-VI	44.2	73.3	62.8	86.4	88.5	109.7
Streuung	17.9	29.7	17.4	24.0	17.2	21.3

423

Auswertung

Proband A3

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	270.6		365.3		456.4	
II	170.8		375.4		497.6	
III	218.2		414.0		532.5	
MW I-III	219.9	100	384.9	100	495.5	100
Streuung	40.8	18.5	21.0	5.5	31.1	6.3
IV	59.9	27.2	129.7	33.7	309.3	62.4
V	59.9	27.2	183.3	47.6	316.7	63.9
VI	15.0	6.8	46.1	12.0	144.7	29.2
MW IV-VI	44.9	20.4	119.7	31.1	256.9	51.8
Streuung	21.2	9.6	56.5	14.7	79.4	16.0
MW I-VI	132.4	60.2	252.3	65.5	376.2	75.9
Streuung	93.3	42.4	139.3	36.2	133.7	27.0

423

Auswertung

Proband A3

Test O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	64.4		86.5		112.9	
II	52.8		83.4		92.9	
III	57.0		67.5		76.0	
MW I-III	58.1	100	79.1	100	93.9	100
Streuung	4.8	8.3	8.3	10.5	15.1	16.1
IV	33.8	58.2	71.7	90.6	143.5	152.8
V	41.1	70.8	84.4	106.7	119.2	126.9
VI	25.3	43.6	53.8	68.0	138.2	147.1
MW IV-VI	33.4	57.5	70.0	88.4	133.6	142.3
Streuung	6.5	11.1	12.6	15.9	10.4	11.1
MW I-VI	45.7	78.8	74.6	94.2	113.8	121.1
Streuung	13.6	23.4	11.6	14.7	23.7	25.2

423

Auswertung

Proband

A 4

Test

CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	5.9		18.8		71.6	
II	36.4		109.2		290.1	
III	31.7		83.4		231.3	
MW I-III	24.7	100	70.5	100	197.7	100
Streuung	13.4	54.4	38.0	54.0	92.3	46.7
IV	1.2	4.9	12.9	18.3	88.1	44.6
V	4.7	19.1	25.8	36.6	75.1	38.0
VI	9.4	38.1	41.1	58.3	139.7	70.7
MW IV-VI	5.1	20.7	26.6	37.7	101.0	51.1
Streuung	3.4	13.6	11.5	16.4	27.9	14.1
MW I-VI	14.9	60.3	48.5	68.9	149.3	75.5
Streuung	13.8	56.1	35.6	50.6	83.6	42.3

423

Auswertung

Proband A4

Test 02

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	18.1		33.8		67.6	
II	24.2		49.5		72.5	
III	26.6		43.5		67.6	
MW I-III	23.0	100	42.3	100	69.2	100
Streuung	3.6	15.6	6.5	15.3	2.3	3.3
IV	6.0	26.1	12.1	28.6	143.8	207.7
V	3.6	15.7	6.0	14.2	14.5	20.9
VI	8.5	37.0	19.3	45.7	38.7	55.9
MW IV-VI	6.0	26.3	12.5	29.5	65.7	94.8
Streuung	2.0	8.7	5.4	12.9	56.1	81.1
MW I-VI	14.5	63.1	27.4	64.7	67.5	97.4
Streuung	8.9	39.0	16.1	38.0	39.8	57.4

496

Auswertung

Proband

A 5

Test

CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	67.8		275.7		416.8	
II	17.8		42.2		103.4	
III	27.8		82.3		218.0	
MW I-III	37.8	100	133.4	100	246.1	100
Streuung	21.6	57.1	101.9	76.4	129.5	52.6
IV	82.3	217.7	196.8	147.5	342.5	139.2
V	44.5	117.7	126.8	95.1	231.3	94.0
VI	112.3	297.1	238.0	178.4	285.8	116.1
MW IV-VI	79.7	210.8	187.2	140.3	286.5	116.4
Streuung	27.7	73.4	45.9	34.4	45.4	18.5
MW I-VI	58.8	155.4	160.3	120.2	266.3	108.2
Streuung	32.5	86.0	83.5	62.6	99.1	40.3

496

Auswertung

Proband

A5

Test

02

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	18.7		22.2		39.8	
II	14.0		32.8		45.6	
III	21.1		36.3		56.2	
MW I-III	17.9	100	30.4	100	47.2	100
Streuung	2.9	16.4	6.0	19.7	6.8	14.4
IV	41.0	228.6	69.0	226.7	108.8	230.5
V	28.1	156.7	43.3	142.3	74.9	158.7
VI	51.5	287.2	80.7	265.2	112.3	237.9
MW IV-VI	40.2	224.2	64.3	211.4	98.7	209.0
Streuung	9.6	53.4	15.6	51.3	16.9	35.7
MW I-VI	29.1	162.1	47.4	155.7	72.9	154.5
Streuung	13.2	73.6	20.7	67.9	28.8	60.9

496

Auswertung

Proband

A 6

Test

CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	201.0		335.5		485.1	
II	257.1		420.7		627.4	
III	282.9		417.3		612.6	
MW I-III	247.0	100	391.2	100	575.0	100
Streuung	34.2	13.8	39.4	10.1	63.9	11.1
IV	289.9	117.4	424.3	108.5	658.1	114.4
V	284.1	115.0	397.5	101.6	535.4	93.1
VI	254.8	103.2	361.2	92.3	502.7	87.4
MW IV-VI	276.3	111.8	394.3	100.8	565.4	98.3
Streuung	15.4	6.2	25.9	6.6	66.9	11.6
MW I-VI	261.6	105.9	392.8	100.4	570.2	99.2
Streuung	30.3	12.3	33.4	8.5	65.6	11.4

496

Auswertung

Proband *A 6*

Test *O₂*

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	54.6		83.0		96.6	
II	81.8		96.6		109.1	
III	76.6		103.3		114.3	
MW I-III	71.0	100	94.3	100	106.7	100
Streuung	11.8	16.6	8.4	9.0	7.4	7.0
IV	73.9	104.1	80.7	85.6	<u>56.9</u>	53.3
V	63.7	89.7	72.8	77.2	73.9	69.3
VI	83.0	116.9	110.3	117.0	76.2	71.4
MW IV-VI	73.5	103.6	87.9	93.2	69.0	64.7
Streuung	7.9	11.1	16.1	17.1	8.6	8.1
MW I-VI	72.3	101.8	91.1	96.6	87.8	82.3
Streuung	10.1	14.2	13.3	14.1	20.5	19.2

496

Auswertung

Proband

A7

Test

CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	36.4		139.4		332.7	
II	104.2		259.9		359.1	
III	105.5		249.9		361.7	
MW I-III	82.0	100	216.4	100	351.2	100
Streuung	32.3	39.3	54.6	25.2	13.1	3.7
IV	158.3	193.0	233.6	107.9	337.9	96.2
V	282.6	344.5	340.4	157.3	347.9	99.1
VI	76.6	93.4	190.9	88.2	306.5	87.3
MW IV-VI	172.5	210.3	255.0	117.8	330.8	94.2
Streuung	84.7	103.2	62.9	29.1	17.6	5.0
MW I-VI	127.3	155.1	235.7	108.9	341.0	97.1
Streuung	78.4	95.6	62.0	28.6	18.6	5.3

496

Auswertung

Proband A7

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	31.8		61.3		131.9	
II	35.3		66.0		90.7	
III	49.5		88.3		114.3	
MW I-III	38.9	100	71.9	100	112.3	100
Streuung	7.7	19.7	11.8	16.4	16.9	15.0
IV	55.4	142.5	94.2	131.1	128.4	114.3
V	47.1	121.2	82.5	114.8	117.8	104.9
VI	38.5	97.3	67.1	93.4	122.5	109.1
MW IV-VI	46.3	119.2	81.3	113.1	122.9	109.4
Streuung	7.7	19.9	11.1	15.4	4.3	3.9
MW I-VI	42.6	109.6	76.6	106.5	117.6	104.7
Streuung	8.6	22.0	12.4	17.2	13.4	11.9

496

Auswertung

Proband A 8

Test CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	35.2		145.4		327.1	
II	194.6		313.0		418.5	
III	137.1		324.6		597.7	
MW I-III	122.3	100	261.0	100	447.8	100
Streuung	65.9	53.9	81.9	31.4	112.4	25.1
IV	249.6	204.1	455.9	174.7	714.9	159.7
V	222.7	182.1	417.2	159.8	590.7	131.9
VI	186.3	152.3	325.8	124.8	521.5	116.5
MW IV-VI	219.5	179.5	399.6	153.1	609.0	136.0
Streuung	25.9	21.2	54.5	20.9	80.0	17.9
MW I-VI	170.9	139.8	330.3	126.6	528.4	118.0
Streuung	69.8	57.1	98.2	37.6	126.6	28.3

Auswertung

496

Proband

A 8

Test

O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	41.0		76.3		120.8	
II	28.5		46.7		77.5	
III	31.9		60.4		66.1	
MW I-III	33.8	100	61.1	100	88.1	100
Streuung	5.3	15.6	12.1	19.8	23.6	26.7
IV	62.6	185.2	87.7	143.5	104.8	118.9
V	62.6	185.2	84.3	137.9	101.4	115.1
VI	58.1	171.9	90.0	147.2	101.4	115.1
MW IV-VI	61.1	180.8	87.3	142.9	102.5	116.3
Streuung	2.1	6.3	2.3	3.8	1.6	1.8
MW I-VI	47.5	140.4	74.2	121.4	95.3	108.2
Streuung	14.2	42.1	15.7	25.7	18.2	20.6

423

Auswertung

Proband

A9

Test

CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	vl	%	vl	%	vl	%
I	30.0		138.2		362.2	
II	79.4		196.1		316.5	
III	116.7		261.1		372.9	
MW I-III	75.4	100	198.5	100	350.5	100
Streuung	35.5	47.1	50.2	25.3	24.5	7.0
IV	3.6	4.8	7.2	3.6	62.6	17.9
V	18.0	23.9	44.5	22.4	105.9	30.2
VI	50.5	67.0	127.5	64.2	267.1	76.2
MW IV-VI	24.0	31.9	59.7	30.1	145.2	41.4
Streuung	19.6	26.0	50.3	25.3	88.0	25.1
MW I-VI	49.7	65.9	129.1	65.0	247.9	70.7
Streuung	38.5	51.1	85.6	43.2	121.3	34.6

423

Auswertung

Proband **A 9**

Test **O₂**

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	30.5		58.8		115.5	
II	32.7		62.1		95.9	
III	41.4		74.1		87.2	
MW I-III	34.9	100	65.0	100	99.5	100
Streuung	4.7	13.5	6.6	10.1	11.8	11.9
IV	9.8	28.1	20.7	31.8	45.8	46.0
V	19.6	56.2	34.9	53.7	61.0	61.3
VI	42.5	121.9	79.6	122.5	140.6	141.3
MW IV-VI	24.0	68.7	45.1	69.3	82.5	82.9
Streuung	13.7	39.3	25.1	38.6	41.6	41.8
MW I-VI	29.4	84.4	55.0	84.7	91.0	91.4
Streuung	11.6	33.3	20.9	32.1	31.7	31.9

496

Auswertung

Proband

A 10

Test

CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	78.3		261.3		378.7	
II	180.9		267.6		353.3	
III	229.6		321.6		442.2	
MW I-III	162.9	100	283.5	100	391.4	100
<u>Streuung</u>	<u>63.1</u>	<u>38.7</u>	<u>27.1</u>	<u>9.5</u>	<u>37.4</u>	<u>9.6</u>
IV	221.1	135.7	305.8	107.9	426.4	108.9
V	210.5	129.2	278.3	98.2	318.5	81.4
VI	162.9	100.0	250.7	88.4	394.6	100.8
MW IV-VI	198.2	121.6	278.3	98.2	379.8	97.0
<u>Streuung</u>	<u>25.3</u>	<u>15.5</u>	<u>22.5</u>	<u>7.9</u>	<u>45.3</u>	<u>11.6</u>
MW I-VI	180.6	110.8	280.9	99.1	385.6	98.5
<u>Streuung</u>	<u>51.2</u>	<u>31.4</u>	<u>25.0</u>	<u>8.8</u>	<u>41.9</u>	<u>10.7</u>

496

Auswertung

Proband A 10

Test 0₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	43.5		84.7		125.8	
II	65.3		104.0		133.1	
III	64.1		108.9		130.7	
MW I-III	57.6	100	99.2	100	129.9	100
Streuung	10.0	17.4	10.4	10.5	3.0	2.3
IV	65.3	113.3	98.0	98.8	139.2	107.2
V	47.2	81.9	87.1	87.8	106.5	82.0
VI	73.8	128.1	124.6	125.6	156.1	120.2
MW IV-VI	62.1	107.8	103.2	104.1	133.9	103.1
Streuung	11.1	19.2	15.8	15.9	20.6	15.9
MW I-VI	59.9	103.9	101.2	102.0	131.9	101.6
Streuung	10.8	18.7	13.5	13.6	14.9	11.4

423

Auswertung

Proband A 11

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	8.5		31.7		112.0	
II	103.6		237.8		393.1	
III	29.6		80.3		223.0	
MW I-III	47.2	100	116.6	100	242.7	100
Streuung	40.8	86.3	88.0	75.4	115.6	47.6
IV	18.0	38.1	34.9	29.9	154.3	63.6
V	-2.1	-4.4	-5.3	-4.5	-15.9	-6.6
VI	1.1	2.3	6.3	5.4	55.0	22.7
MW IV-VI	5.7	12.0	12.0	10.3	64.5	26.6
Streuung	8.8	18.7	16.9	14.5	69.8	28.8
MW I-VI	26.5	56.0	64.3	55.1	153.6	63.3
Streuung	36.1	76.4	82.2	70.5	130.6	53.8

1)

Berichtigte Werte:

I	8.5		31.7		112.0	
II	103.6		237.8		393.1	
III	29.6		80.3		223.0	
MW I-III	47.2	100	116.6	100	242.7	100
Streuung	40.8	86.3	88.0	75.4	115.6	47.6
IV	18.0	38.1	34.9	29.9	154.3	63.6
V	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VI	1.1	2.3	6.3	5.4	55.0	22.7
MW IV-VI	6.4	13.5	13.7	11.8	69.8	28.7
Streuung	8.2	17.4	15.2	13.0	63.8	26.3
MW I-VI	26.8	56.7	65.2	55.9	156.2	64.4
Streuung	35.8	75.8	81.4	69.8	127.3	52.4

1) Innerhalb der Fehlergrenze! Keine CO₂-Prod. Versuch wird gewertet.

423

Auswertung

Proband

A11

Test

O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	17.9		28.0		43.7	
II	28.0		52.7		71.8	
III	17.9		35.9		56.1	
MW I-III	21.3	100	38.9	100	57.2	100
Streuung	4.8	22.4	10.3	26.5	11.5	20.1
IV	11.2	52.7	26.9	69.2	78.5	137.2
V	4.5	21.2	10.1	26.0	20.2	35.3
VI	5.6	26.3	7.8	20.1	24.7	43.2
MW IV-VI	7.1	33.4	14.9	38.4	41.1	71.9
Streuung	2.9	13.8	8.5	21.9	26.5	46.3
MW I-VI	14.2	66.7	26.9	69.2	49.2	86.0
Streuung	8.1	38.1	15.2	39.2	21.9	38.4

423

Auswertung

Proband

B 2

Test

CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	144.7		360.0		500.2	
II	173.8		312.9		409.4	
III	98.6		238.8		431.6	
MW I-III	139.0	100	303.9	100	447.1	100
<u>Streuung</u>	<u>31.0</u>	<u>22.3</u>	<u>49.9</u>	<u>16.4</u>	<u>38.6</u>	<u>8.6</u>
IV	44.8	32.2	141.2	46.5	294.8	65.9
V	12.3	8.8	43.7	14.4	128.9	28.8
VI	9.0	6.5	21.3	7.0	76.2	17.0
MW IV-VI	22.0	15.8	68.7	22.6	166.6	37.3
<u>Streuung</u>	<u>16.2</u>	<u>11.6</u>	<u>52.1</u>	<u>17.1</u>	<u>93.1</u>	<u>20.8</u>
MW I-VI	80.5	57.9	186.3	61.3	306.9	68.6
<u>Streuung</u>	<u>63.5</u>	<u>45.7</u>	<u>128.2</u>	<u>42.2</u>	<u>157.3</u>	<u>35.2</u>

423

Auswertung

Proband B 2

Test O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	48.2		76.7		88.7	
II	61.3		87.6		113.9	
III	65.7		94.2		115.0	
MW I-III	58.4	100	86.2	100	105.9	100
Streuung	7.4	12.7	7.2	8.4	12.1	11.5
IV	27.4	46.9	32.9	38.2	49.3	46.6
V	28.5	48.8	53.7	62.3	90.9	85.9
VI	18.6	31.8	25.2	29.2	54.8	51.8
MW IV-VI	24.8	42.5	37.3	43.2	65.0	61.4
Streuung	4.4	7.6	12.0	14.0	18.5	17.4
MW I-VI	41.6	71.3	61.7	71.6	85.4	80.7
Streuung	17.9	30.6	26.4	30.6	25.7	24.3

496

Auswertung

Proband B 3

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	74.8		209.5		396.5	
II	66.1		189.9		375.6	
III	145.9		306.8		415.3	
MW I-III	95.6	100	235.4	100	395.8	100
Streuung	35.7	37.4	51.1	21.7	16.2	4.1
IV	3.7	3.9	-1.2	-0.5	-1.2	-0.3
V	116.0	121.3	310.5	131.9	430.2	108.7
VI	111.2	116.3	237.1	100.7	326.2	82.4
MW IV-VI	77.0	80.5	182.1	77.4	251.7	63.6
Streuung	51.8	54.2	133.1	56.5	183.8	46.4
MW I-VI	86.3	90.3	208.8	88.7	323.8	81.8
Streuung	45.5	47.6	104.2	44.3	149.0	37.7

1)

Berichtigte Werte:

Auswertung

Proband

Test

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	74.8		209.5		396.5	
II	66.1		189.9		375.6	
III	145.9		306.8		415.3	
MW I-III	95.6	100	235.4	100	395.8	100
Streuung	35.7	37.4	51.1	21.7	16.2	4.1
IV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V	116.0	121.3	310.5	131.9	430.2	108.7
VI	111.2	116.3	237.1	100.7	326.2	82.4
MW IV-VI	113.6	118.8	273.8	116.3	378.2	95.6
Streuung	2.4	2.5	36.7	15.6	52.0	13.1
MW I-VI	102.8	107.5	250.8	106.5	388.8	98.2
Streuung	29.1	30.4	49.6	21.1	36.2	9.2

1) Nicht verwertbares Ergebnis. Parallelversuch O₂ in Ordnung!

496

Auswertung

Proband B 3

Test O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	47.5		81.2		108.7	
II	50.6		88.6		106.5	
III	76.0		91.8		118.2	
MW I-III	58.0	100	87.2	100	111.1	100
Streuung	12.8	22.0	4.4	5.1	5.1	4.6
IV	32.7	56.3	51.7	59.3	96.0	86.4
V	69.6	119.9	88.6	101.6	119.2	107.3
VI	46.2	79.6	81.5	93.5	109.4	98.4
MW IV-VI	49.5	85.3	73.9	84.8	108.2	97.4
Streuung	15.2	26.3	16.0	18.3	9.5	8.6
MW I-VI	53.8	92.6	80.6	92.4	109.7	98.7
Streuung	14.7	25.3	13.5	15.5	7.8	7.0

423

Auswertung

Proband B 4

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	3.5		28.2		92.8	
II	25.8		93.9		254.8	
III	71.6		170.2		423.8	
MW I-III	33.6	100	97.4	100	257.1	100
Streuung	28.3	84.3	58.0	59.6	135.1	52.6
IV	10.6	31.5	42.3	43.4	178.4	69.4
V	18.8	55.9	64.6	66.3	219.5	85.4
VI	18.8	55.9	45.8	47.0	160.8	62.5
MW IV-VI	16.1	47.8	50.9	52.2	186.2	72.4
Streuung	3.9	11.5	9.8	10.1	24.6	9.6
MW I-VI	24.9	73.9	74.2	76.1	221.7	86.2
Streuung	22.1	65.6	47.7	48.9	103.4	40.2

423

Auswertung

Proband B 4

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	7.2		19.3		33.8	
II	21.7		35.0		68.9	
III	44.7		59.2		90.6	
MW I-III	24.5	100	37.8	100	64.4	100
Streuung	15.4	62.9	16.4	43.4	23.4	36.3
IV	24.2	98.6	41.1	108.6	83.4	129.4
V	31.4	128.0	47.1	124.5	97.8	151.8
VI	27.8	113.3	42.3	111.8	90.6	140.6
MW IV-VI	27.8	113.3	43.5	115.0	90.6	140.6
Streuung	2.9	12.0	2.6	6.9	5.9	9.1
MW I-VI	26.2	106.7	40.7	107.5	77.5	120.3
Streuung	11.2	45.8	12.1	31.9	21.5	33.4

496

Auswertung

Proband B 5

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	77.8		161.2		312.3	
II	111.2		282.4		436.9	
III	48.9		120.1		357.0	
MW I-III	79.3	100	187.9	100	368.7	100
Streuung	25.5	32.1	68.9	36.7	51.5	14.0
IV	110.1	138.8	252.4	134.3	437.0	118.5
V	163.5	206.2	318.0	169.2	459.3	124.6
VI	156.8	197.7	269.1	143.2	382.5	103.7
MW IV-VI	143.5	180.9	279.8	148.9	426.3	115.6
Streuung	23.8	30.0	27.8	14.8	32.3	8.7
MW I-VI	111.4	140.5	233.9	124.5	397.5	107.8
Streuung	40.4	51.0	69.8	37.2	51.7	14.0

496

Auswertung

Proband

B 5

Test

O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	39.8		66.7		92.4	
II	51.1		86.3		98.5	
III	45.6		76.0		105.3	
MW I-III	45.5	100	76.3	100	98.7	100
Streuung	4.6	10.1	8.0	10.5	5.3	5.3
IV	56.2	123.5	81.9	107.3	100.6	101.9
V	64.4	141.5	76.1	99.7	97.1	98.3
VI	56.2	123.5	80.7	105.7	122.9	124.5
MW IV-VI	58.9	129.5	79.6	104.2	106.9	108.2
Streuung	3.9	8.5	2.5	3.3	11.4	11.6
MW I-VI	52.2	114.8	78.0	102.1	102.8	104.1
Streuung	8.0	17.5	6.1	8.1	9.8	9.9

423

Auswertung

Proband B 6

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	128.8		223.7		290.0	
II	266.5		403.3		501.5	
III	71.3		115.7		143.8	
MW I-III	155.5	100	247.6	100	311.8	100
Streuung	81.9	52.7	118.6	47.9	146.8	47.1
IV	49.1	31.6	126.3	51.0	289.9	93.0
V	11.7	7.5	25.7	10.4	66.6	21.4
VI	69.2	44.5	171.0	69.1	345.1	110.7
MW IV-VI	43.3	27.9	107.7	43.5	233.9	75.0
Streuung	23.8	15.3	60.8	24.5	120.4	38.6
MW I-VI	99.4	63.9	177.6	71.7	272.8	87.5
Streuung	82.4	53.0	117.4	47.4	139.8	44.8

423

Auswertung

Proband

B 6

Test

O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	50.4		91.6		128.6	
II	55.7		97.7		114.8	
III	46.6		81.8		112.5	
MW I-III	50.9	100	90.4	100	118.6	100
Streuung	3.7	7.3	6.5	7.2	7.1	6.0
IV	34.1	67.0	59.1	65.4	97.8	82.4
V	15.9	31.2	17.1	18.9	37.5	31.6
VI	31.6	62.1	58.4	64.6	99.7	84.0
MW IV-VI	27.2	53.4	44.9	49.6	78.3	66.0
Streuung	8.1	15.8	19.6	21.7	28.9	24.3
MW I-VI	39.1	76.7	67.6	74.8	98.5	83.0
Streuung	13.4	26.3	27.1	29.9	29.1	24.6

496

Auswertung

Proband B 7

Test CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	220.2		323.9		436.2	
II	0.0		0.0		0.0	
III	257.5		358.0		469.7	
MW I-III	238.9	100	341.0	100	453.0	100
Streuung	18.7	7.8	17.1	5.0	16.8	3.7
IV	255.0	106.8	389.4	114.2	523.8	115.6
V	273.8	114.6	395.6	116.0	516.2	114.0
VI	238.0	99.6	330.4	96.9	417.5	92.2
MW IV-VI	255.6	107.0	371.8	109.0	485.8	107.3
Streuung	14.6	6.1	29.4	8.6	48.4	10.7
MW I-VI	248.9	104.2	359.5	105.4	472.7	104.4
Streuung	18.3	7.7	29.4	8.6	42.2	9.3

496

Auswertung

Proband B 7

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	41.7		68.4		89.8	
II	0.0		0.0		0.0	
III	63.6		77.7		86.0	
MW I-III	52.7	100	73.1	100	87.9	100
<u>Streuung</u>	11.0	20.8	4.7	6.4	1.9	2.2
IV	62.4	118.5	88.4	121.0	103.7	118.0
V	51.8	98.4	62.4	85.4	90.7	103.2
VI	51.9	98.6	67.5	92.4	61.3	69.7
MW IV-VI	55.4	105.2	72.8	99.6	85.2	97.0
<u>Streuung</u>	5.0	9.4	11.2	15.4	17.7	20.2
MW I-VI	54.3	103.1	72.9	99.8	86.3	98.2
<u>Streuung</u>	8.0	15.3	9.2	12.6	13.9	15.8

423

Auswertung

Proband B 8

Test CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	139.5		272.0		370.4	
II	134.8		282.5		400.9	
III	120.7		254.3		361.0	
MW I-III	131.7	100	269.6	100	377.4	100
Streuung	8.0	6.1	11.6	4.3	17.0	4.5
IV	116.8	88.7	254.8	94.5	357.0	94.6
V	131.3	99.7	229.7	85.2	296.5	78.6
VI	29.3	22.3	55.1	20.4	126.6	33.5
MW IV-VI	92.5	70.2	179.9	66.7	260.0	68.9
Streuung	45.1	34.2	88.8	32.9	97.5	25.8
MW I-VI	112.1	85.1	224.7	83.4	318.7	84.4
Streuung	37.8	28.7	77.6	28.8	91.4	24.2

423

Auswertung

Proband

B 8

Test

O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	49.6		70.7		93.9	
II	31.9		71.8		95.7	
III	53.5		72.9		104.8	
MW I-III	45.0	100	71.8	100	98.1	100
Streuung	9.4	20.9	0.9	1.3	4.8	4.9
IV	56.8	126.2	97.1	135.2	127.9	130.3
V	53.5	118.9	80.9	112.7	113.9	116.1
VI	18.2	40.4	42.1	58.6	83.1	84.7
MW IV-VI	42.8	95.2	73.4	102.2	108.3	110.4
Streuung	17.5	38.8	23.1	32.1	18.7	19.1
MW I-VI	43.9	97.6	72.6	101.1	103.2	105.2
Streuung	14.1	31.3	16.3	22.8	14.6	14.8

496

Auswertung

Proband B 9

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	88.9		213.3		419.0	
II	22.1		68.9		212.0	
III	73.4		114.3		87.8	
MW I-III	61.5	100	132.2	100	239.6	100
Streuung	28.5	46.4	60.3	45.6	136.6	57.0
IV	140.8	229.1	286.3	216.6	372.9	155.6
V	2.4	3.9	-8.4	-6.4	-14.4	-6.0
VI	185.3	301.5	300.8	227.6	442.7	184.8
MW IV-VI	109.5	178.1	192.9	146.0	267.1	111.5
Streuung	77.9	126.7	142.5	107.8	201.1	83.9
MW I-VI	85.5	139.1	162.5	123.0	253.3	105.7
Streuung	63.4	103.1	113.5	85.9	172.4	72.0

1)

Berichtigte Werte

I	88.9		213.3		419.0	
II	22.1		68.9		212.0	
III	73.4		114.3		87.8	
MW I-III	61.5	100	132.2	100	239.6	100
Streuung	28.5	46.4	60.3	45.6	136.6	57.0
IV	140.8	229.1	286.3	216.6	372.9	155.6
V	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VI	185.3	301.5	300.8	227.6	442.7	184.8
MW IV-VI	163.1	265.3	293.6	222.1	407.8	170.2
Streuung	22.3	36.2	7.3	5.5	34.9	14.6
MW I-VI	102.1	166.1	196.7	148.8	306.9	128.1
Streuung	56.2	91.5	91.9	69.6	135.9	56.7

1) Nicht verwertbares Ergebnis. Parallelversuch O₂ in Ordnung!

496

Auswertung

Proband B9

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	43.6		69.7		79.5	
II	42.5		71.9		90.4	
III	56.7		77.4		113.4	
MW I-III	47.6	100	73.0	100	94.4	100
Streuung	6.5	13.6	3.2	4.4	14.1	15.0
IV	66.5	139.7	81.8	112.1	104.6	110.8
V	55.6	116.8	70.9	97.1	78.5	83.1
VI	79.6	167.2	98.1	134.4	128.6	136.2
MW IV-VI	67.2	141.2	83.6	114.5	103.9	110.0
Streuung	9.8	20.6	11.2	15.3	20.5	21.7
MW I-VI	57.4	120.6	78.3	107.3	99.2	105.0
Streuung	12.9	27.0	9.8	13.4	18.2	19.3

496

Auswertung

Proband B 10

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	7.4		29.6		120.6	
II	28.6		83.6		240.1	
III	29.6		73.0		247.6	
MW I-III	21.9	100	62.1	100	202.8	100
Streuung	10.2	46.8	23.4	37.6	58.2	28.7
IV	28.6	130.8	102.6	165.3	271.9	134.1
V	104.7	478.8	240.2	387.0	332.2	163.8
VI	27.5	125.8	66.7	107.5	234.9	115.8
MW IV-VI	53.6	245.1	136.5	219.9	279.7	137.9
Streuung	36.1	165.3	74.8	120.5	40.1	19.8
MW I-VI	37.7	172.6	99.3	160.0	241.2	119.0
Streuung	30.9	141.5	66.7	107.5	63.0	31.1

496

Auswertung

Proband

B 10

Test

O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	15.7		32.7		47.2	
II	9.7		27.8		30.2	
III	30.3		43.6		77.4	
MW I-III	18.6	100	34.7	100	51.6	100
Streuung	8.7	46.6	6.6	19.0	19.5	37.8
IV	21.8	117.4	39.9	115.0	66.6	129.1
V	44.8	241.3	70.2	202.3	96.8	187.6
VI	23.0	123.9	32.7	94.2	75.0	145.3
MW IV-VI	29.9	160.9	47.6	137.2	79.5	154.0
Streuung	10.6	56.9	16.2	46.8	12.7	24.7
MW I-VI	24.2	130.4	41.2	118.6	65.5	127.0
Streuung	11.2	60.3	14.0	40.3	21.6	41.8

423

Auswertung

Proband **B 11**

Test **CO₂**

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	218.1		358.1		505.7	
II	49.3		154.2		356.7	
III	88.8		238.8		332.9	
MW I-III	118.7	100	250.4	100	398.4	100
Streuung	72.1	60.7	83.6	33.4	76.5	19.2
IV	-5.3	-4.5	-7.4	-3.0	6.3	1.6
V	-6.7	-5.6	-3.3	-1.3	15.6	3.9
VI	79.3	66.8	109.3	43.7	318.2	79.9
MW IV-VI	22.4	18.9	32.9	13.1	113.4	28.5
Streuung	40.2	33.9	54.1	21.6	144.9	36.4
MW I-VI	70.6	59.4	141.6	56.6	255.9	64.2
Streuung	75.7	63.7	129.6	51.7	183.7	46.1

1)
2)

Berichtigte Werte

I	218.1		358.1		505.7	
II	49.3		154.2		356.7	
III	88.8		238.8		332.9	
MW I-III	118.7	100	250.4	100	398.4	100
Streuung	72.1	60.7	83.6	33.4	76.5	19.2
IV	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	1.6
V	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	3.9
VI	79.3	66.8	109.3	43.7	318.2	79.9
MW IV-VI	26.4	22.3	36.4	14.6	113.4	28.5
Streuung	37.4	31.5	51.5	20.6	144.9	36.4
MW I-VI	72.6	61.1	143.4	57.3	255.9	64.2
Streuung	73.7	62.0	127.5	50.9	183.7	46.1

1) Innerhalb der Fehlergrenze! Keine CO₂-Prod. Wird gewertet.

2) Spülmittel vorzeitig verbraucht

423

Auswertung

Proband B 11

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	64.5		81.9		108.5	
II	40.1		75.4		113.1	
III	42.6		86.4		135.7	
MW I-III	49.1	100	81.2	100	119.1	100
Streuung	11.0	22.3	4.5	5.6	11.9	10.0
IV	11.2	22.8	15.7	19.3	28.0	23.5
V	-1.2	-2.4	-1.2	-1.5	10.5	8.8
VI	48.2	98.2	78.5	96.6	135.6	113.9
MW IV-VI	19.4	39.5	31.0	38.2	58.0	48.7
Streuung	21.0	42.8	34.3	42.2	55.3	46.4
MW I-VI	34.2	69.8	56.1	69.1	88.6	74.4
Streuung	22.4	45.6	35.1	43.2	50.3	42.3

1)
2)

Berichtigte Werte

I	64.5		81.9		108.5	
II	40.1		75.4		113.1	
III	42.6		86.4		135.7	
MW I-III	49.1	100	81.2	100	119.1	100
Streuung	11.0	22.3	4.5	5.6	11.9	10.0
IV	11.2	22.8	15.7	19.3	28.0	23.5
V	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	8.8
VI	48.2	98.2	78.5	96.6	135.6	113.9
MW IV-VI	19.8	40.4	31.4	38.7	58.0	48.7
Streuung	20.6	42.0	33.9	41.7	55.3	46.4
MW I-VI	34.4	70.2	56.3	69.3	88.6	74.4
Streuung	22.0	44.9	34.7	42.8	50.3	42.3

1) Innerhalb der Fehlergrenze. Keine O₂-Aufn. Wird gewertet

2) Spülmittel vorzeitig verbraucht

423

Auswertung

Proband C 2

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	136.8		265.8		357.7	
II	164.8		279.2		367.8	
III	193.9		269.0		334.1	
MW I-III	165.2	100	271.3	100	353.2	100
Streuung	23.3	14.1	5.7	2.1	14.1	4.0
IV	1.1	0.7	10.1	3.7	34.8	9.9
V	35.9	21.7	100.9	37.2	210.7	59.7
VI	48.2	29.2	109.9	40.5	262.3	74.3
MW IV-VI	28.4	17.2	73.6	27.1	169.3	47.9
Streuung	19.9	12.1	45.1	16.6	97.4	27.6
MW I-VI	96.8	58.6	172.5	63.6	261.2	74.0
Streuung	71.7	43.4	103.9	38.3	115.3	32.7

423

Auswertung

Proband C 2

Test O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	59.1		92.0		119.4	
II	50.4		90.9		117.2	
III	54.8		84.3		110.6	
MW I-III	54.8	100	89.1	100	115.7	100
Streuung	3.6	6.5	3.4	3.8	3.7	3.2
IV	6.6	12.1	9.9	11.1	18.6	16.1
V	18.6	34.0	33.9	38.1	55.8	48.2
VI	28.5	52.0	58.0	65.1	79.9	69.0
MW IV-VI	17.9	32.7	33.9	38.1	51.4	44.4
Streuung	9.0	16.3	19.6	22.0	25.2	21.8
MW I-VI	36.3	66.3	61.5	69.0	83.6	72.2
Streuung	19.7	35.9	31.0	34.8	36.9	31.8

496

Auswertung

Proband C 3

Test CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	71.7		261.3		344.6	
II	172.1		254.4		321.7	
III	189.5		269.4		355.4	
MW I-III	144.4	100	261.7	100	340.6	100
Streuung	51.9	35.9	6.1	2.3	14.1	4.1
IV	160.9	111.4	250.6	95.8	364.1	106.9
V	123.5	85.5	185.8	71.0	229.4	67.4
VI	169.6	117.4	217.0	82.9	276.8	81.3
MW IV-VI	151.3	104.8	217.8	83.2	290.1	85.2
Streuung	20.0	13.8	26.5	10.1	55.8	16.4
MW I-VI	147.9	102.4	239.8	91.6	315.3	92.6
Streuung	39.5	27.3	29.2	11.1	47.9	14.1

496

Auswertung

Proband C 3

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	75.4		100.2		136.2	
II	55.9		66.5		97.1	
III	58.0		66.5		80.2	
MW I-III	63.1	100	77.7	100	104.5	100
Streuung	8.7	13.9	15.9	20.4	23.5	22.4
IV	60.1	95.2	83.3	107.2	58.0	55.5
V	77.0	122.0	92.8	119.4	116.1	111.1
VI	14.8	23.5	9.5	12.2	-10.6	-10.1
MW IV-VI	50.6	80.2	61.9	79.6	54.5	52.2
Streuung	26.3	41.6	37.2	47.9	51.8	49.6
MW I-VI	56.9	90.1	69.8	89.8	79.5	76.1
Streuung	20.5	32.5	29.7	38.2	47.3	45.3

1)

Berichtigte Werte

I	75.4		100.2		136.2	
II	55.9		66.5		97.1	
III	58.0		66.5		80.2	
MW I-III	63.1	100	77.7	100	104.5	100
Streuung	8.7	13.9	15.9	20.4	23.5	22.4
IV	60.1	95.2	83.3	107.2	58.0	55.5
V	77.0	122.0	92.8	119.4	116.1	111.1
VI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MW IV-VI	68.6	108.6	88.1	113.3	87.1	83.3
Streuung	8.5	13.4	4.8	6.1	29.1	27.8
MW I-VI	65.3	103.5	81.9	105.3	97.5	93.3
Streuung	9.0	14.3	13.6	17.5	27.2	26.0

1) Nicht verwertbar! CO₂-Messung in Ordnung

423

Auswertung

Proband C 4

Test CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	66.9		177.3		353.5	
II	191.4		392.2		589.5	
III	169.1		326.4		530.6	
MW I-III	142.5	100	298.6	100	491.2	100
Streuung	54.2	38.0	89.9	30.1	100.3	20.4
IV	50.5	35.4	159.7	53.5	270.0	55.0
V	17.6	12.4	74.0	24.8	254.8	51.9
VI	39.9	28.0	97.4	32.6	278.2	56.6
MW IV-VI	36.0	25.3	110.4	37.0	267.7	54.5
Streuung	13.7	9.6	36.2	12.1	9.7	2.0
MW I-VI	89.2	62.6	204.5	68.5	379.4	77.2
Streuung	66.3	46.5	116.4	39.0	132.5	27.0

423

Auswertung

Proband C 4

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	64.0		93.0		112.3	
II	103.9		119.6		120.8	
III	78.5		85.8		103.9	
MW I-III	82.1	100	99.5	100	112.3	100
Streuung	16.5	20.1	14.5	14.6	6.9	6.1
IV	26.6	32.4	36.2	36.4	73.7	65.6
V	29.0	35.3	55.6	55.9	87.0	77.4
VI	47.1	57.3	93.0	93.5	97.8	87.1
MW IV-VI	34.2	41.7	61.6	61.9	86.2	76.7
Streuung	9.2	11.1	23.6	23.7	9.9	8.8
MW I-VI	58.2	70.8	80.5	81.0	99.3	88.4
Streuung	27.4	33.4	27.2	27.4	15.6	13.9

496

Auswertung

Proband C 5

Test CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	234.5		451.3		589.1	
II	65.6		161.2		343.5	
III	234.6		343.6		435.9	
MW I-III	178.2	100	318.7	100	456.2	100
Streuung	79.6	44.7	119.7	37.6	101.3	22.2
IV	87.1	48.9	208.8	65.5	323.1	70.8
V	126.8	71.1	282.4	88.6	399.2	87.5
VI	23.4	13.1	56.7	17.8	182.4	40.0
MW IV-VI	79.1	44.4	182.6	57.3	301.6	66.1
Streuung	42.6	23.9	94.0	29.5	89.8	19.7
MW I-VI	128.7	72.2	250.7	78.7	378.9	83.1
Streuung	80.8	45.4	127.3	40.0	123.0	27.0

1)

1) Auffallend niedrige Messwerte !

Ebenso bei CO₂-Messung

496

Auswertung

Proband C 5

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	37.4		59.7		80.7	
II	30.4		55.0		90.1	
III	57.3		67.9		94.8	
MW I-III	41.7	100	60.9	100	88.5	100
Streuung	11.4	27.3	5.3	8.8	5.9	6.6
IV	34.0	81.5	54.7	89.9	86.3	97.5
V	48.0	115.1	58.5	96.1	72.5	81.9
VI	3.5	8.4	12.9	21.2	9.4	10.6
MW IV-VI	28.5	68.3	42.0	69.1	56.1	63.3
Streuung	18.6	44.6	20.7	33.9	33.5	37.8
MW I-VI	35.1	84.2	51.5	84.5	72.3	81.7
Streuung	16.8	40.2	17.8	29.2	29.0	32.8

1)

Berichtigte Werte

I	37.4		59.7		80.7	
II	30.4		55.0		90.1	
III	57.3		67.9		94.8	
MW I-III	41.7	100	60.9	100	88.5	100
Streuung	11.4	27.3	5.3	8.8	5.9	6.6
IV	34.0	81.5	54.7	89.9	86.3	97.5
V	48.0	115.1	58.5	96.1	72.5	81.9
VI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MW IV-VI	41.0	98.3	56.6	93.0	79.4	89.7
Streuung	7.0	16.8	1.9	3.1	6.9	7.8
MW I-VI	41.4	99.3	59.2	97.2	84.9	95.9
Streuung	9.9	23.7	4.8	7.9	7.7	8.7

- 1) Auffallend niedrige Meßwerte, nach 60 Minuten fallend.
Werden nicht gewertet.
Auch: CO₂-Messung VI auffallend niedrig.

496

Auswertung

Proband C 6

Test CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	14.0		56.1		148.4	
II	28.1		94.7		251.3	
III	67.8		183.5		360.0	
MW I-III	36.6	100	111.4	100	253.2	100
Streuung	22.8	62.2	53.3	47.9	86.4	34.1
IV	80.7	220.3	246.7	221.4	482.8	190.7
V	118.1	322.4	277.1	248.7	383.4	151.4
VI	23.4	63.9	58.5	52.5	177.7	70.2
MW IV-VI	74.1	202.2	194.1	174.2	348.0	137.4
Streuung	38.9	106.3	96.7	86.8	127.1	50.2
MW I-VI	55.4	151.1	152.8	137.1	300.6	118.7
Streuung	37.0	101.0	88.3	79.3	118.5	46.8

Auswertung

496

Proband

C 6

Test

O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	21.6		40.9		86.4	
II	38.7		67.1		91.0	
III	43.2		63.7		91.0	
MW I-III	34.5	100	57.2	100	89.5	100
Streuung	9.3	27.0	11.6	20.3	2.2	2.4
IV	42.1	122.0	75.0	131.0	89.8	100.4
V	55.7	161.4	84.1	146.9	121.7	136.0
VI	15.9	46.1	40.9	71.5	69.4	77.6
MW IV-VI	37.9	109.9	66.7	116.5	93.6	104.7
Streuung	16.5	47.9	18.6	32.5	21.5	24.1
MW I-VI	36.2	104.9	62.0	108.2	91.6	102.3
Streuung	13.5	39.2	16.2	28.3	15.4	17.3

496

Auswertung

Proband C 7

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	62.8		190.8		329.0	
II	199.6		430.7		661.7	
III	178.4		339.1		433.3	
MW I-III	146.9	100	320.2	100	474.7	100
Streuung	60.1	40.9	98.8	30.9	138.9	29.3
IV	140.7	95.8	321.5	100.4	466.0	98.2
V	158.3	107.7	360.5	112.6	550.1	115.9
VI	134.4	91.5	270.0	84.3	399.4	84.1
MW IV-VI	144.5	98.3	317.3	99.1	471.8	99.4
Streuung	10.1	6.9	37.1	11.6	61.7	13.0
MW I-VI	145.7	99.2	318.8	99.6	473.3	99.7
Streuung	43.1	29.3	74.7	23.3	107.5	22.6

Auswertung

496

Proband

C 7

Test

O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	44.8		54.2		<u>30.6</u>	
II	38.9		66.0		83.6	
III	62.4		76.6		109.6	
MW I-III	48.7	100	65.6	100	74.6	100
<u>Streuung</u>	<u>10.0</u>	<u>20.5</u>	<u>9.1</u>	<u>13.9</u>	<u>32.9</u>	<u>44.1</u>
IV	30.6	62.8	43.6	66.5	<u>22.4</u>	30.0
V	55.4	113.8	75.4	114.9	103.7	139.0
VI	60.1	123.4	80.1	122.1	99.0	132.7
MW IV-VI	48.7	100.0	66.4	101.2	75.0	100.6
<u>Streuung</u>	<u>12.9</u>	<u>26.6</u>	<u>16.2</u>	<u>24.7</u>	<u>37.3</u>	<u>50.0</u>
MW I-VI	48.7	100.0	66.0	100.6	74.8	100.3
<u>Streuung</u>	<u>11.6</u>	<u>23.7</u>	<u>13.2</u>	<u>20.1</u>	<u>35.1</u>	<u>47.1</u>

Auswertung

423

Proband

C 8

Test

CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	72.8		288.9		345.2	
II	89.1		229.8		369.3	
III	177.0		298.9		353.9	
MW I-III	113.0	100	272.5	100	356.1	100
<u>Streuung</u>	45.8	40.5	30.5	11.2	10.0	2.8
IV	39.8	35.2	128.9	47.3	309.4	86.9
V	43.0	38.1	100.7	36.9	319.9	89.8
VI	66.8	59.1	150.0	55.0	343.4	96.4
MW IV-VI	49.9	44.1	126.5	46.4	324.2	91.0
<u>Streuung</u>	12.0	10.7	20.2	7.4	14.2	4.0
MW I-VI	81.4	72.1	199.5	73.2	340.2	95.5
<u>Streuung</u>	46.0	40.7	77.4	28.4	20.1	5.7

Auswertung

423

Proband

C 8

Test

O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	45.9		82.1		89.4	
II	28.5		44.4		49.0	
III	54.7		78.6		96.8	
MW I-III	43.0	100	68.4	100	78.4	100
Streuung	10.9	25.3	17.0	24.9	21.0	26.8
IV	31.9	74.1	46.7	68.3	78.6	100.3
V	24.3	56.5	51.1	74.7	81.5	104.0
VI	18.2	42.3	52.4	76.6	90.0	114.8
MW IV-VI	24.8	57.6	50.1	73.2	83.4	106.3
Streuung	5.6	13.0	2.4	3.6	4.8	6.2
MW I-VI	33.9	78.8	59.2	86.6	80.9	103.2
Streuung	12.6	29.2	15.2	22.2	15.4	19.7

423

Auswertung

Proband

C 9

Test

CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	108.2		235.8		276.5	
II	42.1		123.9		170.9	
III	211.7		330.8		413.8	
MW I-III	120.7	100	230.2	100	287.1	100
Streuung	69.8	57.8	84.6	36.7	99.4	34.6
IV	18.0	14.9	36.1	15.7	127.5	44.4
V	0.0	0.0	14.4	6.3	43.3	15.1
VI	4.8	4.0	21.7	9.4	86.6	30.2
MW IV-VI	7.6	6.3	24.1	10.5	85.8	29.9
Streuung	7.6	6.3	9.0	3.9	34.4	12.0
MW I-VI	64.1	53.2	127.1	55.2	186.4	64.9
Streuung	75.2	62.4	119.3	51.8	125.2	43.6

Auswertung

423

Proband

C 9

Test

O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	34.9		64.3		136.2	
II	44.7		93.7		146.1	
III	58.9		87.2		106.8	
MW I-III	46.2	100	81.7	100	129.7	100
Streuung	9.9	21.3	12.6	15.4	16.7	12.9
IV	12.0	26.0	30.5	37.3	79.6	61.4
V	19.6	42.5	29.4	36.0	62.1	47.9
VI	5.5	11.9	20.7	25.3	28.3	21.8
MW IV-VI	12.4	26.8	26.9	32.9	56.7	43.7
Streuung	5.8	12.5	4.4	5.4	21.3	16.4
MW I-VI	29.3	63.4	54.3	66.4	93.2	71.8
Streuung	18.7	40.6	29.0	35.5	41.2	31.8

423

Auswertung

Proband C 11

Test CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	40.2		143.7		291.6	
II	57.1		150.1		324.4	
III	42.3		108.9		227.3	
MW I-III	46.5	100	134.2	100	281.1	100
Streuung	7.5	16.2	18.1	13.5	40.3	14.3
IV	4.2	9.0	18.0	13.4	95.1	33.8
V	0.0	0.0	14.8	11.0	65.5	23.3
VI	11.6	24.9	32.8	24.4	88.8	31.6
MW IV-VI	5.3	11.3	21.9	16.3	83.1	29.6
Streuung	4.8	10.3	7.8	5.8	12.7	4.5
MW I-VI	25.9	55.7	78.1	58.1	182.1	64.8
Streuung	21.6	46.4	57.9	43.1	103.4	36.8

423

Auswertung

Proband

C 11

Test

O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	35.9		65.0		95.3	
II	29.9		55.4		76.5	
III	11.2		33.6		54.9	
MW I-III	25.7	100	51.3	100	75.6	100
Streuung	10.5	41.0	13.1	25.6	16.5	21.8
IV	3.4	13.2	7.8	15.2	19.1	25.3
V	4.5	17.5	5.6	10.9	6.7	8.9
VI	6.7	26.1	13.5	26.3	17.9	23.7
MW IV-VI	4.9	19.0	9.0	17.5	14.6	19.3
Streuung	1.4	5.3	3.3	6.5	5.6	7.4
MW I-VI	15.3	59.5	30.2	58.7	45.1	59.6
Streuung	12.8	50.0	23.3	45.3	32.9	43.5

Auswertung

496

Proband C 12

Test CO₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	37.8		93.4		307.4	
II	39.9		93.4		280.1	
III	25.2		72.4		219.3	
MW I-III	34.3	100	86.4	100	268.9	100
Streuung	6.5	18.9	9.9	11.5	36.8	13.7
IV	53.9	157.1	141.8	164.1	273.1	101.5
V	51.4	149.9	115.4	133.6	233.9	87.0
VI	41.3	120.4	106.9	123.7	264.5	98.4
MW IV-VI	48.9	142.5	121.4	140.5	257.2	95.6
Streuung	5.4	15.9	14.9	17.2	16.8	6.3
MW I-VI	41.6	121.2	103.9	120.2	263.1	97.8
Streuung	9.4	27.5	21.6	25.0	29.2	10.9

Auswertung

496

Proband

C 12

Test

O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	41.3		53.5		81.4	
II	25.5		70.5		74.2	
III	28.0		45.0		69.3	
MW I-III	31.6	100	56.3	100	75.0	100
Streuung	6.9	21.9	10.6	18.8	5.0	6.6
IV	43.3	137.0	78.6	139.5	112.8	150.5
V	30.8	97.5	51.7	91.8	71.5	95.4
VI	12.1	38.3	48.4	85.9	87.1	116.2
MW IV-VI	28.7	90.9	59.6	105.7	90.5	120.7
Streuung	12.8	40.6	13.5	24.0	17.0	22.7
MW I-VI	30.2	95.5	58.0	102.9	82.7	110.3
Streuung	10.4	32.9	12.3	21.8	14.7	19.7

496

Auswertung

Proband D 2

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	99.8		283.7		353.2	
II	67.3		268.0		319.6	
III	70.6		171.5		367.7	
MW I-III	79.2	100	241.1	100	346.8	100
Streuung	14.6	18.4	49.6	20.6	20.1	5.8
IV	60.5	76.4	160.3	66.5	325.1	93.7
V	80.7	101.9	241.0	100.0	335.2	96.6
VI	81.8	103.2	200.7	83.3	365.4	105.4
MW IV-VI	74.3	93.8	200.7	83.2	341.9	98.6
Streuung	9.8	12.4	32.9	13.7	17.1	4.9
MW I-VI	76.8	96.9	220.9	91.6	344.4	99.3
Streuung	12.7	16.0	46.7	19.4	18.9	5.4

Auswertung

496

Proband D 2

Test O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	34.0		61.3		78.9	
II	28.5		49.3		75.6	
III	31.8		58.0		81.0	
MW I-III	31.4	100	56.2	100	78.5	100
Streuung	2.3	7.2	5.1	9.0	2.2	2.8
IV	33.9	107.8	64.6	114.9	70.1	89.3
V	30.7	97.7	50.4	89.7	53.7	68.4
VI	13.1	41.7	20.8	37.0	13.1	16.7
MW IV-VI	25.9	82.4	45.3	80.5	45.6	58.1
Streuung	9.1	29.1	18.2	32.5	24.0	30.5
MW I-VI	28.7	91.2	50.7	90.3	62.1	79.1
Streuung	7.2	22.9	14.5	25.7	23.7	30.1

423

Auswertung

Proband **D 3**

Test **CO₂**

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	117.2		276.8		468.8	
II	92.3		270.6		425.2	
III	137.2		324.2		523.7	
MW I-III	115.6	100	290.5	100	472.6	100
Streuung	18.4	15.9	23.9	8.2	40.3	8.5
IV	15.0	13.0	38.7	13.3	121.0	25.6
V	77.6	67.1	187.8	64.6	263.3	55.7
VI	197.0	170.5	351.7	121.1	527.5	111.6
MW IV-VI	96.5	83.5	192.7	66.3	303.9	64.3
Streuung	75.5	65.3	127.8	44.0	168.4	35.6
MW I-VI	106.1	91.8	241.6	83.2	388.3	82.2
Streuung	55.8	48.2	104.2	35.8	148.7	31.5

1)

1) Proband hatte sein Spülmittel vorzeitig verbraucht

Auswertung

423

Proband D 3

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	49.6		88.6		102.3	
II	54.9		98.1		102.3	
III	50.6		67.5		50.6	
MW I-III	51.7	100	84.7	100	85.1	100
Streuung	2.3	4.4	12.8	15.1	24.4	28.7
IV	25.3	48.9	41.1	48.5	64.4	75.7
V	54.7	105.8	99.7	117.7	133.7	157.2
VI	60.1	116.2	85.5	100.9	89.7	105.4
MW IV-VI	46.7	90.3	75.4	89.0	95.9	112.8
Streuung	15.3	29.6	25.0	29.5	28.6	33.7
MW I-VI	49.2	95.2	80.1	94.5	90.5	106.4
Streuung	11.2	21.7	20.4	24.0	27.1	31.9

423

Auswertung

Proband D4

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	258.9		471.3		736.5	
II	281.8		414.5		566.0	
III	286.5		434.4		723.2	
MW I-III	275.7	100	440.1	100	675.2	100
Streuung	12.1	4.4	23.5	5.3	77.4	11.5
IV	32.9	11.9	83.4	19.0	184.3	27.3
V	41.1	14.9	82.2	18.7	197.2	29.2
VI	48.1	17.4	103.3	23.5	232.5	34.4
MW IV-VI	40.7	14.8	89.6	20.4	204.7	30.3
Streuung	6.2	2.3	9.7	2.2	20.4	3.0
MW I-VI	158.2	57.4	264.9	60.2	440.0	65.2
Streuung	117.9	42.8	176.1	40.0	242.0	35.8

Auswertung

423

Proband D 4

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	26.9		42.6		58.3	
II	42.3		54.4		62.8	
III	51.9		59.2		54.4	
MW I-III	40.4	100	52.1	100	58.5	100
Streuung	10.3	25.5	7.0	13.4	3.4	5.9
IV	29.0	71.8	70.1	134.6	82.1	140.3
V	23.0	57.0	49.5	95.1	68.9	117.8
VI	27.8	68.9	58.0	111.4	85.8	146.7
MW IV-VI	26.6	65.9	59.2	113.7	78.9	134.9
Streuung	2.6	6.4	8.5	16.2	7.3	12.4
MW I-VI	33.5	82.9	55.6	106.9	68.7	117.5
Streuung	10.2	25.2	8.5	16.4	11.7	20.0

423

Auswertung

Proband D 5

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	105.6		220.1		260.1	
II	76.7		259.0		336.8	
III	165.7		283.6		388.1	
MW I-III	116.0	100	254.2	100	328.3	100
Streuung	37.1	32.0	26.1	10.3	52.6	16.0
IV	0.0	0.0	1.1	0.4	12.2	3.7
V	38.9	33.5	131.2	51.6	200.2	61.0
VI	55.6	47.9	149.0	58.6	225.7	68.7
MW IV-VI	31.5	27.2	93.8	36.9	146.0	44.5
Streuung	23.3	20.1	65.9	25.9	95.2	29.0
MW I-VI	73.8	63.6	174.0	68.4	237.2	72.2
Streuung	52.4	45.2	94.6	37.2	119.3	36.3

Auswertung

423

Proband D 5

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	62.0		111.1		140.4	
II	55.0		105.3		121.7	
III	66.7		94.8		104.1	
MW I-III	61.2	100	103.7	100	122.1	100
Streuung	4.8	7.9	6.7	6.5	14.8	12.1
IV	9.4	15.4	36.3	35.0	37.4	30.6
V	38.6	63.0	84.2	81.2	131.0	107.3
VI	48.0	78.4	91.3	88.0	132.2	108.3
MW IV-VI	32.0	52.3	70.6	68.1	100.2	82.1
Streuung	16.4	26.8	24.4	23.5	44.4	36.4
MW I-VI	46.6	76.1	87.2	84.0	111.1	91.0
Streuung	19.0	31.0	24.4	23.5	34.9	28.6

Auswertung

496

Proband D 6

Test CO_2

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	47.9		150.8		367.0	
II	98.2		284.0		333.1	
III	65.5		160.2		322.6	
MW I-III	70.5	100	198.3	100	340.9	100
Streuung	20.8	29.5	60.7	30.6	18.9	5.6
IV	70.1	99.4	224.4	113.1	401.0	117.6
V	87.7	124.3	250.2	126.2	357.7	104.9
VI	66.6	94.4	160.2	80.8	323.8	95.0
MW IV-VI	74.8	106.0	211.6	106.7	360.8	105.8
Streuung	9.2	13.1	37.8	19.1	31.6	9.3
MW I-VI	72.7	103.0	205.0	103.3	350.9	102.9
Streuung	16.3	23.1	51.0	25.7	27.9	8.2

Auswertung

496

Proband

D 6

Test

O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	22.7		59.1		86.4	
II	61.4		113.6		142.1	
III	38.6		65.9		83.0	
MW I-III	40.9	100	79.5	100	103.8	100
Streuung	15.9	38.8	24.2	30.5	27.1	26.1
IV	45.5	111.2	77.3	97.2	102.3	98.5
V	42.1	102.9	65.9	82.9	88.7	85.4
VI	43.2	105.6	84.1	105.7	141.0	135.8
MW IV-VI	43.6	106.6	75.8	95.3	110.7	106.6
Streuung	1.4	3.5	7.5	9.4	22.2	21.3
MW I-VI	42.3	103.3	77.7	97.6	107.3	103.3
Streuung	11.4	27.8	18.0	22.7	25.0	24.1

Auswertung

423

Proband D 7

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	308.9		449.5		537.4	
II	263.7		433.2		558.7	
III	185.9		282.6		417.0	
MW I-III	252.8	100	388.4	100	504.4	100
<u>Streuung</u>	50.8	20.1	75.1	19.3	62.4	12.4
IV	50.2	19.9	140.7	36.2	249.9	49.5
V	118.1	46.7	202.2	52.1	238.6	47.3
VI	80.4	31.8	123.1	31.7	257.5	51.1
MW IV-VI	82.9	32.8	155.3	40.0	248.7	49.3
<u>Streuung</u>	27.8	11.0	33.9	8.7	7.8	1.5
MW I-VI	167.9	66.4	271.9	70.0	376.5	74.7
<u>Streuung</u>	94.3	37.3	130.3	33.5	135.4	26.8

Auswertung

423

Proband

D 7

Test

O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	74.2		123.7		141.4	
II	84.8		115.4		121.3	
III	91.9		126.0		155.5	
MW I-III	83.6	100	121.7	100	139.4	100
Streuung	7.3	8.7	4.6	3.7	14.0	10.1
IV	41.2	49.3	68.3	56.1	<u>63.6</u>	45.6
V	3.5	4.2	4.7	3.9	<u>3.5</u>	2.5
VI	41.2	49.3	86.0	70.7	119.0	85.4
MW IV-VI	28.6	34.2	53.0	43.5	62.0	44.5
Streuung	17.8	21.2	34.9	28.7	47.2	33.8
MW I-VI	56.1	67.1	87.4	71.8	100.7	72.3
Streuung	30.7	36.7	42.4	34.9	52.0	37.3

Auswertung

496

Proband D 8

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	49.2		128.9		284.9	
II	55.1		172.3		255.5	
III	97.3		174.6		248.5	
MW I-III	67.2	100	158.6	100	263.0	100
Streuung	21.4	31.9	21.0	13.3	15.8	6.0
IV	44.5	66.2	125.4	79.1	288.3	109.6
V	76.2	113.4	153.5	96.8	264.9	100.7
VI	64.5	96.0	137.1	86.4	342.2	130.1
MW IV-VI	61.7	91.9	138.7	87.4	298.5	113.5
Streuung	13.1	19.5	11.5	7.3	32.4	12.3
MW I-VI	64.5	95.9	148.6	93.7	280.7	106.7
Streuung	18.0	26.7	19.7	12.4	31.0	11.8

Auswertung

496

Proband D 8

Test O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	17.1		41.0		61.5	
II	23.9		51.3		62.6	
III	30.8		52.4		84.3	
MW I-III	23.9	100	48.2	100	69.5	100
Streuung	5.6	23.4	5.1	10.6	10.5	15.1
IV	8.0	33.4	30.8	63.9	50.1	72.1
V	18.2	76.0	34.2	70.9	49.0	70.5
VI	26.2	109.5	51.3	106.4	71.8	103.4
MW IV-VI	17.5	73.0	38.8	80.4	57.0	82.0
Streuung	7.4	31.1	9.0	18.6	10.5	15.1
MW I-VI	20.7	86.5	43.5	90.2	63.2	91.0
Streuung	7.3	30.7	8.7	18.1	12.2	17.6

Auswertung

496

Proband

D 9

Test

CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	263.6		378.3		459.7	
II	223.8		349.0		424.8	
III	137.2		253.9		341.8	
MW I-III	208.2	100	327.1	100	408.8	100
Streuung	52.8	25.3	53.1	16.2	49.4	12.1
IV	69.8	33.5	206.9	63.3	346.5	84.8
V	65.0	31.2	90.2	27.6	<u>49.3</u>	12.1
VI	120.3	57.8	285.1	87.2	449.9	110.1
MW IV-VI	85.0	40.8	194.1	59.3	281.9	69.0
Streuung	25.0	12.0	80.1	24.5	169.8	41.5
MW I-VI	146.6	70.4	260.6	79.7	345.3	84.5
Streuung	74.1	35.6	95.1	29.1	140.2	34.3

1)

1) Möglicherweise Schreibfehler im Versuchsprotokoll

Auswertung

496

Proband D 9

Test O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	49.0		78.5		92.6	
II	52.3		79.5		121.0	
III	46.9		77.4		107.9	
MW I-III	49.4	100	78.5	100	107.2	100
Streuung	2.2	4.5	0.9	1.1	11.6	10.8
IV	32.7	66.2	66.5	84.7	73.0	68.1
V	44.7	90.5	76.3	97.2	92.7	86.5
VI	45.8	92.7	74.1	94.4	85.0	79.3
MW IV-VI	41.1	83.1	72.3	92.1	83.6	78.0
Streuung	5.9	12.0	4.2	5.4	8.1	7.6
MW I-VI	45.2	91.6	75.4	96.1	95.4	89.0
Streuung	6.1	12.4	4.3	5.5	15.5	14.4

Auswertung

423

Proband D 10

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120		
	ul	%	ul	%	ul	%	
I	0.0		0.0		0.0		1)
II	150.2		275.0		342.7		
III	227.5		356.5		526.9		
MW I-III	188.9	100	315.8	100	434.8	100	
Streuung	38.7	20.5	40.8	12.9	92.1	21.2	
IV	80.6	42.7	173.0	54.8	316.0	72.7	
V	33.9	18.0	62.4	19.8	151.3	34.8	
VI	1.1	0.6	18.0	5.7	75.1	17.3	
MW IV-VI	38.5	20.4	84.5	26.8	180.8	41.6	
Streuung	32.6	17.3	65.2	20.6	100.5	23.1	
MW I-VI	98.7	52.2	177.0	56.1	282.4	64.9	
Streuung	81.6	43.2	126.7	40.1	157.9	36.3	

1) Speichelprobe wiederholt nicht abgeliefert

Auswertung

423

Proband D 10

Test O₂

	t=30		60		120	
Nummer	ul	%	ul	%	ul	%
I	0.0		0.0		0.0	
II	66.5		116.1		140.3	
III	37.5		41.1		55.6	
MW I-III	52.0	100	78.6	100	98.0	100
Streuung	14.5	27.9	37.5	47.7	42.4	43.2
IV	59.2	113.8	94.8	120.6	114.9	117.3
V	14.5	27.9	32.7	41.6	73.8	75.3
VI	8.5	16.3	42.4	53.9	64.1	65.4
MW IV-VI	27.4	52.7	56.6	72.1	84.3	86.0
Streuung	22.6	43.5	27.3	34.7	22.0	22.5
MW I-VI	37.2	71.6	65.4	83.2	89.7	91.6
Streuung	23.2	44.5	33.5	42.7	32.5	33.1

1)

1) Speichelprobe wiederholt nicht abgeliefert

Auswertung

496

Proband D 11

Test CO₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	135.3		402.6		615.0	
II	91.9		246.2		470.3	
III	106.8		234.7		340.4	
MW I-III	111.3	100	294.5	100	475.2	100
Streuung	18.0	16.2	76.6	26.0	112.2	23.6
IV	104.6	94.0	204.0	69.3	442.9	93.2
V	71.9	64.6	200.8	68.2	455.6	95.9
VI	149.0	133.8	334.0	113.4	477.8	100.5
MW IV-VI	108.5	97.5	246.3	83.6	458.8	96.5
Streuung	31.6	28.4	62.1	21.1	14.4	3.0
MW I-VI	109.9	98.7	270.4	91.8	467.0	98.3
Streuung	25.8	23.1	73.8	25.0	80.4	16.9

Auswertung

496

Proband D 11

Test O₂

Nummer	t=30		60		120	
	ul	%	ul	%	ul	%
I	43.7		80.7		88.6	
II	60.5		79.6		76.2	
III	41.5		66.2		60.6	
MW I-III	48.6	100	75.5	100	75.1	100
Streuung	8.5	17.5	6.6	8.7	11.5	15.2
IV	41.5	85.4	87.4	115.8	81.8	108.9
V	29.1	59.9	49.3	65.3	54.9	73.1
VI	66.1	136.1	91.9	121.7	112.1	149.2
MW IV-VI	45.6	93.8	76.2	100.9	82.9	110.4
Streuung	15.4	31.7	19.1	25.3	23.4	31.1
MW I-VI	47.1	96.9	75.9	100.5	79.0	105.2
Streuung	12.5	25.8	14.3	18.9	18.8	25.0

Anhang 7

Streuung der Meßwerte aller Probanden vor Spülbeginn

Proband	O ₂				CO ₂			
	< 5 %	5-10 %	10-20 %	> 20 %	< 10 %	10-20 %	20-40 %	> 40 %
A 2			x		x			
A 3			x		x			
A 4			x					
A 5			x					x
A 6		x				x		x
A 7			x				x	
A 8			x				x	
A 9			x				x	
A 10			x		x			
A 11				x				x
B 2		x				x		
B 3		x						
B 4				x			x	
B 5			x				x	
B 6		x						x
B 7		x			x			
B 8	x				x			
B 9	x							
B 10		x					x	
B 11		x					x	
C 2	x				x			
C 3				x	x			
C 4			x				x	
C 5		x					x	
C 6				x				
C 7			x				x	
C 8				x		x		
C 9			x				x	
C 11				x		x		
C 12			x			x		
D 2		x					x	
D 3			x		x			
D 4			x		x			
D 5		x				x		
D 6				x				
D 7	x						x	
D 8			x			x		
D 9	x					x		
D 10				x		x		
D 11		x						
Summe:	5	10	17	8	9	10	14	7

Herrn Prof. Dr. Kröncke danke ich für die Überlassung des Themas und für seine Anleitung während meiner Arbeit.

Weiterhin habe ich an dieser Stelle Dank zu sagen

den Blendax-Werken, insbesondere Herrn Dr. Chr. Schödel, für die Bereitstellung der Spüllösungen,

den Medizinisch-Technischen Assistentinnen Frau Flach und von Lucke für Hilfe bei den Laborversuchen,

meinen Kolleginnen und Kollegen, die sich als Testpersonen zur Verfügung stellten und ohne deren verständnisvolle Mitarbeit diese Untersuchung nicht zustandegekommen wäre,

schließlich meiner früheren Schule, dem Markgraf-Georg-Friedrich-Gymnasium Kulmbach, für die Genehmigung zur Benutzung ihrer EDV-Anlage.

L e b e n s l a u f

Am 18.10.1952 wurde ich, Gerd Bender, als einziges Kind des Studiendirektors Otto Bender und seiner Ehefrau Luise, geb. Partenfelder, in Kulmbach geboren.

Von 1959 bis 1963 besuchte ich die Volksschule in Kulmbach, anschließend das Markgraf-Georg-Friedrich-Gymnasium, das ich 1972 mit der Reifeprüfung abschloß.

Im Wintersemester 1972/73 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, legte 1975 die zahnärztliche Vorprüfung und im Juli 1978 die zahnärztliche Prüfung ab.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990